

# اندازہ پیری زبان

پروغور زاو لسلکی  
ترجمہ ممدی تختی نور

ف - زاووسکی

F ZAVELSKI

# اندازه گیری زمان

COMMENT . ON MESURE LE TEMPS

ترجمه روسی به فرانسه

ش - بیر

ترجمه

مهدی - تجلی پور



کتابهای جیبی صدف

وابسته به شرکت سهامی نشر اندیشه

آقای احمد آرام براستی به انسانی بزرگوار و  
محقق فاضل است .

بقول آقای پرویز شهریاری « آقای آرام با  
کوششهای خسته کننده ای در مدنی طولانی اندوخته  
های علمی ارزنده ای فراهم کرده اند که بدون  
کمترین تفاخر آنرا در اختیار جویندگان می  
گذارند . »

بدینوسیله من از راهنمائیهای ایشان در ترجمه  
این کتاب سپاسگزارم .

مهدی - تجلی پور

---

### کتابهای جیبی صدف

اندازه گیری زمان - ناشر: شرکت سهامی نشر اندیشه  
کاغذ : ۷۰ گرمی تیراژ ۳۰۰۰ نسخه . چاپ : چاپخانه اتحاد  
پایان چاپ اسفندماه ۱۳۴۳

از خوانندگان ارجمند تقاضا دارم قبل از مطالعه اغلاط زیر  
را اصلاح فرمایند .

صفحه	سطر	نادرست	درست
۲۳	۲۰	موزات	موازات
۲۷	۸	دیواری	آفتابی
۲۸	۲	رینه	رنیه
۲۸	۱۱	ثانیه	ثانیاً
۳۳	۸	اوکیل الما	وکیل الماء
۳۸	۵	هشتم	سیزدهم
۵۸	۱۴	میرسند	برسند
۵۹	۲	موزات	موازات
۷۳	۶	وجبر	وجنز
۷۴	۲	طوك	طول
۷۵	۸	سالیانه	سال
۷۸	۴	ثبت	تعیین
۸۳	۱	نوسال	نوسان
۸۶	۲۲	چند هزارم	چند ده هزارم
۹۴	۲۵	۰/۱۲	۰/۰۲
۱۰۳	۱۳	وواریدیوم	واریدیوم
۱۰۵	۱	استقاوه	استفاده
۱۲۲	۴	K	K <sub>۱</sub>
۱۳۲	۱۷	گردد	گردند



صفحه	سطر	نادرست	درست
۱۴۱	۷	دکلاش	دکلانش
۱۴۷	۸	کاتوری	کاتودی
۱۵۰	۲۶	Decaron	Decatron
۱۵۴	۱۰	بسینجد	بسینجند
۱۶۵	۲۶	G . J . danov	G . Jdanov
۱۷۰	۲۵	می‌کند	می‌کند
۱۷۱	۲۱	موادی	مولدی
۱۷۸	۲۲	پیس‌بینی	پیش‌بینی
۱۸۳	۲۵	تا بوی	تا بوت
۲۰۷	۱۰	آلفا دوسانتور	آلفا قنطورس

## فهرست

### فصل اول : زمان و سالنامه

۵	فهرست
۹	نگاهداشتن روزهای سال
۱۶	دوره و عصر

### فصل دوم : چگونگی اندازه گیری در زمانهای بسیار قدیم

۲۱	ساعت آفتابی
۲۸	ساعت شنی ، شمعی و آبی

### فصل سوم : ساعت ماشینی به كمك چرخ و آونگ

۳۸	چرخ به جای شن، آتش و آب
۴۲	آونگ ( قلب ساعتهای جدید )
۴۴	ساعتهای آونگدار چگونه تنظیم شده است ؟

### فصل چهارم : چرا ملوانان به ساعت دقیق احتیاج دارند

۵۳	کشتی جهانگرد و کشف تازہ
۵۷	چگونه یکروز اختلاف را می توان پیدا کرد
۵۸	سال از کجا شروع می شود
۶۴	چگونه موقعیت يك کشتی در دریا معلوم می شود

### فصل پنجم: تعیین، ضبط و اعلام زمان بطور دقیق

۷۵	تعیین دقیق زمان
۸۱	نگهداشتن حساب زمان
۸۷	بخش وقت دقیق

### فصل ششم: چگونه ساعتی را میزان می‌کنند

۹۰	دستگاه تنظیم ساعت
۹۲	دستگاه کنترل ساعتها
۹۵	میکروسکوپ زمان

### فصل هفتم: واحدهای اندازه‌گیری و نمونه‌های واحد

۹۹	واحد اندازه‌گیری
----	------------------

### فصل هشتم: ساعت اتمی

۸۹	معیارهای اتمی
۱۰۸	ساختمان ساعت اتمی

### فصل نهم: واحدی برای سنجش زمانهای کوتاه

۱۱۳	دریکهزارم ثانیه چه کاری می‌توان انجام داد
۱۱۵	زماننگار جرقه‌ای
۱۲۱	استفاده از بار الکتریکی خازنها
۱۲۵	مقیاس شمارشی

## فصل دهم : مطالعه پدیده‌هایی که تغییرات سریع دارند

- ۱۳۰ چگونگی ثبت پدیده‌های سریع  
 ۱۳۸ اندازه گیری پدیده‌های الکتریکی فوق‌العاده سریع  
 ۱۴۲ اندازه گیری پدیده فوق‌العاده سریع غیربرقی

## فصل یازدهم : اندازه گیری هزارم و میلیونم ثانیه دستگاه‌های کاتودی

- ۱۴۵ اندازه گیری بادستگاه کاتودی  
 ۱۵۵ رادار

## فصل دوازدهم : میلیونم و میلیاردم ثانیه را چگونه اندازمی گیرند

- ۱۶۴ مدار یا تطابق تأخیر دار  
 ۱۶۷ سنجش ازروی اختلاف فاز  
 ۱۷۱ دستگاه نوسانتگرار پرسامد

## فصل سیزدهم : ساعت هزاره‌ها

- ۱۷۵ ساعت هزاره‌ها  
 ۱۷۹ کربن رادیو آکتیو  
 ۱۸۲ آزمایش ساعت هزاره‌ها  
 ۱۸۵ هزاره سنجی با کربن رادیو آکتیو

## فصل چهاردهم : سن صور مختلف زندگی روی زمین

- ۱۸۸ سن سنگهای زمین

۱۹۵	ساعت هزاره‌ها
۱۹۷	سنجش میلیونها و میلیاردها سال

## فصل پانزدهم : آیا می‌توان عمر خورشید را معین کرد

۲۰۶	انرژی خورشید و ستارگان
۲۱۰	منبع انرژی خورشید و ستارگان
۲۱۵	ترکیب و عمر خورشید و ستارگان

## فصل شانزدهم : پیشرفت علوم در تحقیقات فضائی

۲۱۹	مقیاس فضا و زمان
۲۲۲	فهرست سنی وقایع مهم

## فصل هفدهم : زمان را چگونه در اختیار می‌گیرند

۲۳۰	زمان را چگونه در اختیار می‌گیرند
۲۳۳	دستگاه فیلمبرداری مخصوص
۲۳۵	دستگاه ابریان
۲۳۶	دستگاه عکسبرداری مکانیکی فوق‌العاده سریع
۲۳۶	عکسبرداری سریع به کمک آئینه‌وار
۲۳۸	سلول کر
۲۳۹	پدیده قطبشی دورانی مغناطیسی فاراده
۲۳۹	دستگاه مشبك
۲۴۱	ذره بین زمان
۲۴۲	دستگاه عکاسی با جرقه
۲۴۳	استفاده از عکس الکترونی در تبدیل فوق‌العاده سریع زمان
۲۴۶	مبدل‌های الکتریکی زمان
۲۴۹	نتیجه

## زمان و سالنامه

**نگاهداشتن حساب روزهای سال** - یکی از روش‌های اندازه‌گیری طول زمان تقویم (گاهنامه) است؛ کار تقویم حساب کردن سال و شمردن سال‌هایی است که از مبدأ معینی شروع شده‌اند. تقویمی که امروزه مورد استفاده است اولین و تنها وسیله اندازه‌گیری زمان نیست. تاکنون بیش از دویست نوع گاهنامه بوجود آمده است که اختلاف زیادی با یکدیگر داشته‌اند، این اختلافات بیشتر مربوط به مبدأ و چگونگی محاسبه روزهای سال است.

در اعصار ماقبل تاریخ، تقویم وجود نداشته و یا شاید عوارض و علائمی برای شناختن زمان و سپری شدن فصول بکار میرفته که در هر حال بسیار ابتدائی بوده است.

هم اکنون در استرالایای مرکزی، جنگل‌های استوائی اندونزی و آمریکائی جنوبی اشخاصی پیدا میشوند که هنوز کشاورزی و سفالسازی را نمیشناسند و نمیتوانند گذشتن زمان را درک کرده و یا بفکر محاسبه آن باشند.

بر اثر پیچیده‌تر شدن زندگی اجتماعی، کشاورزی و دریا - نوردی توسعه یافت و در نتیجه احتیاج بیشتری به شناختن وقت و

محاسبه زمان احساس گردید.

روش‌های قدیمی و ابتدائی بسیار بی تناسب و ناهنجار بود.

نژادهای اروپائی، نظیر اسلاو و سایر مللی که صاحب مزرعه و کشتزار بودند از روی برداشت محصول و مراسم خرمین حساب زمان را نگامیداشتند.

هندیان امریکا آمدن برف را تجدید سال میدانستند. مردم استرالیا فصل بارندگی را سالگرد زمان می‌پنداشتند. گسترش آبیاری؛ ایجاد هیات‌های مختلف؛ بزرگ شدن شهرها و افزایش روابط اجتماعی موجب شد که در روش محاسبه زمان تجدیدنظر کلی بعمل آید.

گویا در آن وقت بعضی از ملل محاسبه زمان را از روی گردش ماه انجام میدادند.

سال قمری؛ مربوط به شماره روزهای ماه است. در این روش طول يك ماه، مدت زمانی است که دو بار بطور متوالی ماه نو رؤیت شود.

طبق این حساب سال دارای ۱۲ ماه است. بطور تقریب طول هر ماه  $29\frac{5}{8}$  روز است. بنابراین ماهها را ۲۹ تا ۳۰ روز حساب میکنند.

در محاسبه، سال‌های قمری و شمسی بایکدیگر تطبیق ندارد. مجموع روزهای يك سال قمری یعنی ۱۲ ماه آن ۳۵۴ روز، و حال آنکه يك سال شمسی  $365\frac{1}{4}$  روز است.

به تدریج برای منظم کردن سال قمری اصلاحات و اقداماتی بعمل آمده است.

تقویمی که بر مبنای ماه تنظیم شده است بنام تقویم مسلمانان معروف است و ۳۵۴ تا ۳۵۵ روز طول میکشد اختلاف بین

سال مسلمانان و مسیحی‌ها ۱۱ روز است، یعنی هر ۳۳ سال مسیحی معادل ۳۴ سال مسلمانان است.

بعد از شناختن سال قمری اسلامی تمام ماهها را به سهولت میتوان محاسبه کرد و ساعات معین رؤیت ماه نورا شناخت، این اطلاع در تشخیص و تعیین فصول تابستان و زمستان کمکی نمیکند و فصول را باید با حساب‌های پیچیده‌ای تعیین کرد.

مصریان پنج هزار سال قبل از میلاد مسیح اندازه‌گیری زمان را به وسیله ماه شناخته بودند.

مد رود نیل در وضع اقتصادی مملکت مصر نقش مهمی دارد؛ شناختن زمان مد از نظر مردم فوق‌العاده حائز اهمیت است؛ زیرا باید وضع کشت و شخم مزارع خود را با آن تطبیق دهند.

هر دو ماه یکبار ستاره صاحب‌شعرا یمانی (۱) همزمان با خورشید طلوع میکند؛ لیکن دیده نمیشود، زیرا نور آن در مقابل نور فراوان خورشید ناهرئی است.

ابتدای ماه ژوئیه این ستاره کمی زودتر طلوع میکند و مدت چند دقیقه قبل از طلوع آفتاب در سمت مشرق دیده میشود.

این تاریخ دقیق طغیان رود نیل است.

پیشوایان مذهبی مصر در این باره افسانه‌های فراوانی گفته‌اند و همه آنها طلوع ستاره صاحب‌شعرا را از طرف مشرق با طغیان رود نیل تأیید میکنند.

«وقتی ستاره صاحب‌شعرا در مشرق آسمان میدرخشد چشمه‌های نیل می‌خروشد» باین ترتیب این ستاره مبدأ محاسبه زمان شد. زیرا هر سال در تاریخ معینی همراه با طلوع این ستاره، رود نیل طغیان میکند.



اگر طلوع این ستاره مبدأ زمان باشد، سال ۲۰ روز از دوازده ماه کمتر خواهد بود و در آخر سال ۵ روز اضافه میماند، با این حساب سال ۳۶۰ روز میشود.

این نوع محاسبه در هر سال  $\frac{1}{4}$  روز اشتباه دارد. این اختلاف در چهار سال یک روز میرسد و در مدت ۱۴۶۰ سال یک سال اختلاف وجود خواهد داشت.

این روزهای مورد اختلاف اعیاد سال بشمار آورده میشد. مصریها این مطلب را نمیدانستند، لیکن علمای مذهبی آنها در اصلاح تقویم همواره اختلافات را در نظر می گرفتند.

پیشوایان مذهبی حساب روزها را بطور دقیق و جزء به جزء داشته، و طبق حساب آنها، سال گاهی ۱۲ ماه یعنی ۳۵۵ روز، و گاهی ۱۳ ماه یعنی ۳۷۷ روز محسوب میشد.

بطوریکه اول ژانویه گاهی با ۱۵ اکتبر طبق تقسیم بندی امروزی مصادف میشد.

باستناد تقویم آنها یک ماه معین گاه در تابستان و گاه در زمستان بود.

چنین بی نظمی مخل زندگی عادی انسان است. دستور اصلاح این تقویم را ژول سزار (۱) صادر کرد. اولین بار در تاریخ، سوزیژن (۲) سال شمسی را با ۳۶۵ روز و سال کبیسه را ۳۶۶ روز معرفی کرد.

این تقویم بنام ژولین (۳) معروف است و «سالنامه به سبک قدیم» نیز گفته می شود.

مبنای این محاسبه، دوبار قرار گرفتن زمین در حال تعادل

بهاری، در دایره انقلاب (بین مدارات سرطان و جدی) است. یعنی مدت زمانی که بین دو تعادل بهاری قرار دارد، يك سال نامیده میشود. در تعادل بهاری شب و روز مساویند. سپس به تدریج شبها بلندتر میشوند.

مدت سال شمسی ۳۶۵ روز و ۵ ساعت و ۴۸ دقیقه و ۱۹/۴ ثانیه است (یکدهم ثانیه تقریب است).

بطوریکه میدانیم روزهای تمام ماهها یکسان نیستند، و اغلب این نوع تنظیم برای سهولت محاسبه بکار میرود.

در تقویم شمسی ژولین، هر سال بطور دقیق  $\frac{1}{4}$  ۳۶۵ روز طول میکشد؛ بعد از هر سه سال که ۳۶۵ روز است، سال چهارم ۳۶۶ روز و بنام سال کبیسه خوانده میشود.

مطابق تقویم ژولین هر روز بطور متوسط یازده دقیقه و چهارده ثانیه از روزهای منطقه انقلاب طولانیتر است. این اختلاف در هر ۱۲۸ سال، به يك شبانه روز میرسد.

در سال ۳۲۵ مسیحی هیأت مذهبی عمومی در شهر نیسه (۱) تقویم ژولین را بنام تقویم مسیحی پذیرفتند. در این سال تعادل بهاری مصادف با بیست و یکم مارس بود. بنا بر این عید پاک را اولین یکشنبه بعد از حالت بدر ماه بهار قرار دادند.

به سبب اختلاف طول روزها باروزهای منطقه انقلاب، مبدأ حقیقی بهار (تعادل شب و روز) تغییر کرد، بطوریکه این اختلاف در نیمه دوم قرن ۱۶ یعنی در سال ۱۵۸۲ به ۱۰ روز رسید.

این اختلاف در زندگی مردم اخلاقی ایجاد نکرد، لیکن از نظر مذهبی تولید اشکال نمود، زیرا عید پاک کم از بهار به طرف تابستان رفت.

برای اصلاح قوانین عید فصح بدون اینکه به مصوبات انجمن مذهبی سال ۳۲۵ شهر نیسه لطمه‌ای وارد بیاورند، اقداماتی بعمل آمد که چون در زمان پاپ گرگوار سیزدهم (۱) انجام گردید بنام **تقویم گرگوار** نامیده شد. عده‌ای هم این اصلاحات را «**روش نو**» نامیدند.

برای جبران ۱۰ روز اختلافی که از سال ۳۲۵ تا ۱۵۸۲ ایجاد شده بود روز پنجم اکتبر ۱۵۸۲ را ۱۵ اکتبر به حساب آوردند و تصمیم گرفته شد برای جلوگیری از چنین اختلافی در هر ۴۰۰ سال ۳ روز اضافه در نظر بگیرند، بدین معنی که سه سال آخر قرن را که کبیسه هستند، معمولی اعلام کنند. البته سال‌هایی که با حذف دو صفر به ۴ قابل قسمت هستند از این قاعده مستثنی باشند، مانند سال‌های ۱۶۰۰، ۲۰۰۰ و غیره.

در روسیه تزاری مسأله روش نو به تأخیر افتاد. زیرا کلیسای ارتودوکس (۲) می‌ت رسید به آئین مذهبی لطمه‌ای وارد شود. یعنی از تلاقی عید پاک مسیحی‌ها و کلیمی‌ها وحشت داشتند. روش نو از فوریه ۱۹۱۸ در روسیه معمول شد، و در این تاریخ درست ۱۳ روز اختلاف وجود داشت.

سال گرگوار ۳۰ ثانیه از سال منطقه دایره انقلاب بزرگتر است؛ و این اختلاف در مدت ۴۰۰ سال به ۲ ساعت و ۵۳ دقیقه، و در مدت ۳۳۰۰ سال به یک روز می‌رسد.

در زندگی معمولی میتوان از این اختلاف صرف نظر کرد، لیکن تقویم گرگوار برای مشخص کردن روزهای معینی از سال بدون عیب و نقص نیست. ماه‌های این سال به یک اندازه نیستند و بین ۲۸، ۲۹، ۳۰ تا ۳۱ روز تغییر میکنند. بدین طریق هر فصل بین ۹۰

تا ۹۲ روز میباشد.

ماه‌های چهارم هیچگاه از يك روز معین شروع نمیشوند و تعیین آن بطور دقیق بسیار مشکل است.

نام ماه‌ها و روزها و همچنین تقسیم سال به چهار فصل و هفته به هفت روز از آئین بسیار قدیم است که تاریخ آنها بطور دقیق مشخص نیست. لذا نمیتوان این تقسیمات را به تقویم جدید نسبت داد.

در سال ۱۹۲۳ «جامعه ملیون» تقویم جدیدی عرضه داشتند؛ که در آن تمام فصول ۹۱ روزی و سال به ۱۳ ماه تقسیم شده بود. اولین ماه هر فصل ۳۱ روزی و بقیه ۳۰ روز بود. هر هفته از یکشنبه شروع میشد.

با این حساب که هر فصل ۹۱ روزی باشد چهار فصل ۳۶۴ روز میشود. روز بعد از سی‌ام دسامبر جزء سال نبوده و تاریخ نداشت، بنابراین عید و تعطیلی محسوب میشد و بنام تعطیلی سال نو معروف بود.

در سال کبیسه روز دیگری همچنین وضعی را داشت و آن فردای سی‌ام ژوئن بود.

این تقویم نسبت به تقویم‌های جدید امتیازاتی دارد. زیرا تقسیمات سال در آن منظم تر است.

بطور قطع تقویمی مورد پذیرش است که بین المللی بوده و متعلق به افراد پادسته و مذهب خاصی نباشد.

تقویم جامعه ملیون ۱۹۲۳ و تقویم‌های دیگری که تا کنون گفته شده هیچکدام مورد قبول کامل نیستند.

## دوره و عصر

در تاریخ روم قدیم گفته میشود « سال ۶۲۲ سال بنیان-گذاری روم است؛ زیر در این سال پولپلیوس لیسینیوس کراسوس (۱) پیشوای عالیه‌قدر به همراهی عده‌ای، علیه اشرافیت قیام کرد .» وقایع مهم تاریخ زمان را تقسیم میکنند . حساب ماهها و روزها در تقویم رومی با آنچه امروز معمول است اختلاف زیادی دارد؛ لیکن شناختن اساس تقویم رومی کار مشکلی نیست، و به سهولت قابل محاسبه است. در روم تقسیمات تاریخی زمان دارای ریشه بسیار قدیمی است .

روش‌های قدیمی تقویم رومی بر اساس وقایع، و تقسیم زمان بر دوره‌ها استوار بود.

قضایای متعدد تاریخی بخصوص وقایع مربوط به روم، موجب تنظیم حساب زمان میشد، به طوریکه «تأسیس روم» در ۷۵۳ ق-م و مراجعت کراسوس به سال ۱۳۱ ق.م نمونه این وقایع است. مثلاً در تاریخ قدیم آشوریها این مطلب نوشته شده است: «در دوره پوران ساگال (۲) شجاع شورش در آشور افتاد و در همان ماه کسوفی روی داد.»

ارزیابی تاریخ بدین طریق بسیار مشکل است، زیرا تاریخ جنبه اختصاصی پیدا میکند و وقایع بقدری متعددند که هیچکدام نمیتوانند زمان را بخود اختصاص دهند . مثلاً وقتی در تاریخ یونان دوره شجاعان گفته میشود؛ منظور زمانی است که عده خاصی بر مملکت یونان حکومت میکردند.

1- Publius Licinius crassus

2- Pour-an-ca-gal

مطالعه ودقت در تاریخ موجب شد که وقایع مختلف را باهم تطبیق داده و زمان را مشخص تر بیان کنند.

مثلاً دوره شجاعان را ۷۶۳ سال قبل از میلاد تخمین میزنند. خوشبختانه در این دوره تاریخی کسوفی روی داده که در روشن شدن زمان کمک بیشتری میکند.

از روی محاسبات میتوان آن تاریخ را بطور دقیق اعلام کرد. که در ۱۵ ژوئن ۷۶۳ سال قبل از میلاد بوده است. (مطابق تقویم آسوری ها)

انتخاب مبدأ سال در تقویم های مختلف همیشه تابع شرائط متفاوت بوده است. لیکن اغلب این شرائط ثابت و مشابه یکدیگرند.

اعراب قبل از اسلام محاسبه زمان را بطرز خاصی انجام میدادند و مثلاً برای عنوان کردن تاریخی «بعد از سال فیل» میگفتند. وجه تسمیه این تاریخ سالی بود که در آن مردم یمن با فیل به مکه حمله کردند. و طبق آن، این تاریخ برای همیشه مؤید این دوره است. و وقایع مهمی که در آن زمان اتفاق افتاده زیاد بوده از جمله تاریخ نویس معروف یونانی بنام توسیدید (۱)، جنگه پلوپونز، وقایع تروا (۲) و تبعید پیسیسرات (۳) را هم باین دوره منسوب میدارد.

بسیاری از این دوره ها هم به حکومت ها و پیروزی های ملی منسوب هستند.

مانند دوره اگوست و یا الکساندر و غیره.

این دوره در واقع دوره پیروزی اگوست بر آنتوان است. در چنین دوره‌ای که مطابق سال ۱۵۵۶ بوده در هند اکبر شاه مغول از سلسله تیموریان حکومت میکرد و شروع سلطنت خود را مبدأ تاریخ قرارداد. در مبارزه برتری مذهبی، علمای دینی در جستجوی تقویم صحیحی بودند.

دوره‌ها و اعصاری که جنبه جهانی دارند، مانند خلقت دنیا و روز واپسین از دوره‌هایی هستند که به نسبت بسیار وسیع ابتداء و انتهای تاریخ‌اند. تقریباً ۲۰۰ دوره در طول تاریخ قرارداد شده که طولانی‌ترین آن بنام خلقت دنیا، که آنرا ۶۹۸۴ سال قبل از میلاد مسیح فرض کرده‌اند.

این نوع تقسیم‌بندی با اطلاعاتی که از دوره‌های زمین‌شناسی داریم برای عمر زمین بسیار ناچیز است. زیرا با اینکه کره زمین نسبت به ستارگان دیگر بسیار جوان است؛ باز عمر این کره را میلیاردها سال میدانند.

معروف‌ترین دوره تاریخ بنام دوره مسیحی است که به «دوره معاصر» مشهور است.

این دوره از روز تولد عیسی مسیح آغاز میشود. عصر مسیح بوسیله شخصی رومی بنام دانی لوپوتی (۱) در سال ۲۴۱ عصر دیوکلس (۲) عنوان شد.

مبدأ این حساب‌ها با اینکه افسانه‌ای (رستاخیز و تولد مسیح) بودند انتشار وسیعی پیدا کرده و کم‌کم اعداد مطلق و ثابتی شدند. زیرا این قرار داده‌ها بعد از مسیح به وسیله پیروان او گذاشته شدند.

هر ۱۹ سال قمری یکبار تاریخ ماه‌ها با هم تطبیق میکند

و منظم میشود ، این دوره را دورهٔ متون (۱) مینامند .  
 هر ۲۸ سال يك دورهٔ خورشیدی نامیده میشود ، که تمام  
 روزهای هفته در يك تاریخ تکرار میگردند .  
 با این حساب هر ۵۳۲ سال ( $532 = 28 \times 19$ ) یکبار عيد  
 پاک در همان روز معین قرار میگیرد .  
 مدت ها قبل از دانی (۲) بزرگان دین مسیح برای روز  
 ۲۵ مارس اهمیت زیادی قائل بودند . عده ای از آنها خلقت جهان را  
 روز ۲۵ مارس میدانستند ؛ وعده ای دیگر این روز را روز تولد  
 حضرت مسیح دانسته اند تعدادی هم ۲۵ مارس را روز رستاخیز  
 اعلام کرده اند .

در سال ۲۴۱ (دوره دیوکلس) دانی پس از محاسبه اعلام  
 کرد که ۳۸ سال دیگر روز ۲۵ مارس تکرار میشود .  
 دانی تاریخ رستاخیز مسیح را بطریق زیر محاسبه کرد :  
 ۳۸ سال به سال دیوکلس افزود و از این مجموع ۵۳۲  
 سال کاست  $-253 = 532 - 38 + 241$  و اظهار داشت ۲۵۳ سال قبل  
 از دوره دیوکلس روز رستاخیز مسیح بوده چون در روز رستاخیز  
 ۳۰ ساله بود دانی بعددی که بدست آورده بود ۳۰ سال افزود و  
 روز تولد عیسی مسیح را ۲۸۳ سال قبل از دوره دیوکلس اعلام  
 کرد .

باین ترتیب ۵۲۴ سال از تولد مسیح گذشته بود و سال جاری  
 را «دانی» سال پانصد و بیست و پنجم تولد مسیح گفته است .  
 در انجیل تاریخ تولد مسیح دقیق نبوده ؛ بلکه بسیار دزهم  
 و وابسته به وقایع دیگر است که بدستور اوگوست (۳) خیمیتی مأمور  
 جمع آوری وقایع همزمان با تولد مسیح در سوریه و اسرائیل شدند .

- 
- 1- Metonien .      2- Denys .  
 3- Auguste .



در سوریه از روی زندگی پیلات (۱) و هرود (۲) به تحقیق درباره آن پرداخته‌اند ولی دقیقاً به نتیجه نرسیدند.

مسأله ۵۳۲ سال دانی درمورد تطبیق روزها با هم کم مورد قبول واقع شد و روم آنرا پذیرفت در قرن هشتم فرانسه و در ۲۹ دسامبر ۱۶۹۹ روسیه نیز آنرا قبول کرد.

روز تولد مسیح در آخر قرن ۱۸ در تمام کشورهای مسیحی یکسان شد.

نزد مسلمانان دوره خاصی برای مبدأ تاریخ وجود دارد که هجرت نامیده میشود و آن روزی است که محمد (ص) از مکه به مدینه هجرت کرد.

این دوره در زمان خلافت عمر در سال ۶۳۷ مطابق تاریخ مسیحی تعیین شده ولی عمر تاریخ هجرت را در ۶۲۲ اعلام نمود. آخرین مبدأ تاریخ تقویم **جمهوری** است که در فرانسه تنظیم شده است.

روز ۲۲ سپتامبر ۱۷۹۲ تاریخ اعلام جمهوری است. این تقویم توسط ناپلئون بنیان‌گزارده شده و بعد از او از بین رفت.

تقویمی که اکنون مورد استفاده مآقرار می‌گیرد بدون عیب نیست. بزرگترین ایرادی که بر آن وارد است نا مساوی بودن ماههاست که بدون هیچ دلیلی در نظر گرفته شده است.

برای ارزیابی دقیق طول زمان که بر مبدأ حقیقی و یا تاریخی استوار است نقطه تفکیک یا مبدأ، نقش ثانی را بازی می‌کند. آنچه حائز کمال اهمیت است اینست که تقویم بتواند برای همیشه موقع معینی را اعلام کند.

شاید مبدأ یا مأخذ آن چندان مهم نباشد.

## چگونگی اندازه گیری در زمان های

### بسیار قدیم

چگونگی اندازه گیری زمان در هر عصر و دوره ای تابع پیشرفت علوم و فنون بوده است .

تکامل این وسائل از ساعت آبی که وسیله اندازه گیری در زمان بسیار قدیم بوده تا ساعت نجومی جدید که میتواند تا یک هزارم ثانیه را اندازه بگیرد پیش رفته است .

چون برای اندازه گیری ملینارد ها سال تا میلیونیم ثانیه همیشه تحقیق میشود، میتوان اختراع ساعت را یکی از جالب ترین مبارزات انسان برای پیروزی بر طبیعت دانست.

### ساعت آفتابی

اولین وسیله ای که انسان برای اندازه گیری زمان بکار برد ساعت آفتابی بود . پس از آن به ترتیب ساعت شنی، ساعت شمعی و ساعت آبی نشان دهنده زمان بودند .

از تاریخ استفاده از ساعت آفتابی مدت زیادی می گذرد این زمان در حدود ۵۰۰ سال قبل از میلاد می باشد.

اختراع آن را به شالدان بروز (۱) نسبت داده اند.  
ساعت آفتابی از میله ای بنام استیل (۲) تشکیل شده که  
سایه اش روی يك صفحه حرکت میکند .

بنابراین ساعت آفتابی فقط در روز مشروط براین که  
آسمان ابری نباشد کار میکند .

اساس کار این ساعت اینست که بر اثر تابش آفتاب هنگام  
صبح سایه میله روی صفحه طویل بوده و به تناسب بالا آمدن آفتاب  
از طول سایه کاسته میگردد .

بعد از ظهر مجدداً به طول سایه میله در جهت دیگر افزوده میشود.  
صبح جهت سایه به طرف مغرب و نزدیک ظهر به شمال، و غروب  
به سمت غرب است . ( در نیمکره شمالی ) از روی این ساعت  
بدو طریق زمان را میشناختند :

۱- طول سایه میله .

۲- جهت آن .

بدیهی است تشخیص به طریق دوم مشخص تر و دقیق تر بود.  
قدیمی ترین ساعت آفتابی شاید به مراتب ساده تر از این  
بوده ، زیرا چوب یا میله ای را در زمین فرو میکردند و با توجه  
به جهت سایه آن وقت را میشناختند .

ساختمان چنین ساعتی مسلماً بسیار ساده است ؛ لیکن کار با  
آن آسان نیست . زیرا اساس ساختمان این ساعت را يك میله قائم  
و يك صفحه افقی تشکیل میدهد ؛ لیکن سایه ای که نوک میله روی  
صفحه میاندازد نسبت به ماههای مختلف متغیر است .

دانشمندان قدیم برای اصلاح و تکمیل ساعت آفتابی  
کوشش فراوان مبذول داشته اند ، بطوریکه ساعت های مختلفی

اختراع شد که میله هر کدام به اندازه و با وضع مخصوصی بوده که منحنی آنها شکل خاصی داشت؛ هر يك از این ساعت ها به ماه معینی تعلق داشت و درجه بندی آن با ماه مخصوصی تنظیم شده بود .

معروفترین این ساعت ها منسوب به ارسطرخس دوساموا (۱) منجم معروف یونانی است.

این دانشمند صفحه ساعت آفتابی خود را به صورت مشبك ساخت .

منجم مشهور دیگری از یونان بنام اودوکس (۲) نوعی ساعت آفتابی ساخت که به علت خطوط درهمی که داشت به نام تار-عنكبوت (۳) معروف شد. شکل (۱)

این ساعت با وجودیکه بهتر میتوانست زمان را نشان دهد؛ لیکن به علت مشکل بودن ساختمان ، کمتر مورد استفاده قرار گرفته است .

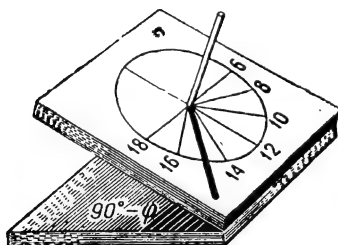
بعد از اصلاحاتی که در ساعت آفتابی بعمل آمد ، علمای علم نجوم ساعتی ساختند که میله آن به موازات محور زمین قرار داشت و بطور دقیقتری زمان را نشان میداد .

اگر میله ساعت موازی محور زمین باشد، حرکت زمین، در روز های مختلف در جهت سایه آن اختلاف ایجاد نمیکند و جهت سایه همیشه بطرف یکی از دو قطب است .

اگر میله به موازات خط استوا بوده یعنی سطح ساعت نسبت به میله ( استیل ) شاقولی باشد در این صورت سایه ای که روی صفحه حرکت میکند دایره خواهد بود؛ در این صفحه سرعت حرکت سایه همواره ثابت میماند .



شکل ۱ - ساعت آفتابی نارنکبوتی



شکل ۲ - ساعت آفتابی مخصوص مناطق استوایی

با این وضع ،  
تقسیمات روی صفحه  
به اندازه‌های مساوی ،  
صحیح‌تر و دقیق‌تر  
انجام شده است .

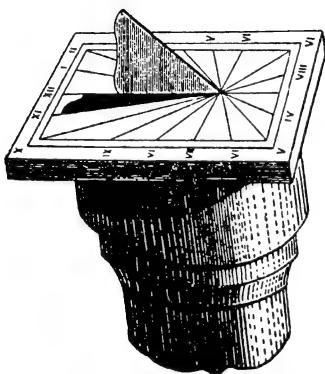
این نوع ساعتها  
مخصوص منطقه استوایی  
است . (شکل ۲)

میلۀ این نوع ساعت (ساعت آفتابی استوائی) باید نسبت به سطح افق زاویه ای معادل  $40^\circ - 90^\circ$  داشته باشد که در آن مقدار  $40^\circ$  برابر عرض جغرافیائی آن نقطه است.

مثلاً اگر بخواهیم چنین ساعتی برای شهر مسکو بسازیم چون عرض جغرافیائی این شهر  $55^\circ$  درجه و  $50'$  دقیقه است لذا باید صفحه ساعت نسبت به سطح افق  $45^\circ/55^\circ - 90^\circ$  یعنی  $34^\circ$  درجه  $150'$  دقیقه مایل باشد.

میلۀ چنین ساعتی باید کاملاً در مرکز صفحه ساعت، بطور عمود بر صفحه قرار داشته؛ و بلندی آن طوری باشد که از هر طرف دیده شود. زیرا که سایه میلۀ در قسمتی از سال روی سطح فوقانی و در قسمت دیگر سال روی سطح تحتانی صفحه میافتد.

امتیاز ساعت استوائی اینست که اولاً تقسیمات صفحه آن مساوی است. ثانیاً برای تمام روزهای سال قابل استفاده است. ایرادی که بر این ساعت وارد است، اینست که در قسمتی از سال سایه میلۀ در سطح تحتانی میافتد و در اینصورت مشاهده



و خواندن آن مشکل است؛ و حال آنکه در ساعت آفتابی افقی این عیب وجود نداشت. ساعت آفتابی افقی مطابق (شکل ۳) از یک صفحه افقی و یک میلۀ مثلثی شکل تشکیل شده است.

زاویه تند این مثلث که مساوی عرض جغرافیائی آن منطقه است بر صفحه ساعت منطبق میباشد.

شکل ۳ - ساعت آفتابی مسطح

(در مورد ساعت‌هایی که میله آنها بموازات محور زمین ساخته شده این زاویه مساوی صفر است).

میله این ساعت نسبت به صفحه‌اش شاقولی؛ و امتداد قاعده مثلث در جهت شمال و جنوب قرار دارد.

هنگام ظهر سایه میله بطرف شمال قرار دارد. (در نیمکره شمالی) به این طریق تقسیمات صفحه ساعت آفتابی طوری است که درست هنگام ظهر سایه در امتداد ضلعی از مثلث که روی صفحه منطبق است قرار میگیرد.

در ساعت آفتابی افقی سرعت تغییرات سایه هرگز ثابت نیست.

زوایای مثلث (استیل ساعت افقی) به نسبت نامساوی بودن تقسیمات صفحه نامساویند.

ساعت آفتابی افقی در تمام روز قابل استفاده است.

امتیاز این ساعت بر ساعت آفتابی استوائی اینست که سایه همیشه در بالای صفحه میافتد.

از این ساعت در زمان قدیم استقبال زیادی شده است.

ستون‌های زیبای قدیم مصر اغلب استیل ساعت‌های آفتابی بوده‌اند.

در هند روی دسته چترها ساعت‌های آفتابی تعبیه کرده بودند. روی برجی عظیم در آتن يك ساعت آفتابی بزرگ نصب شده بود.

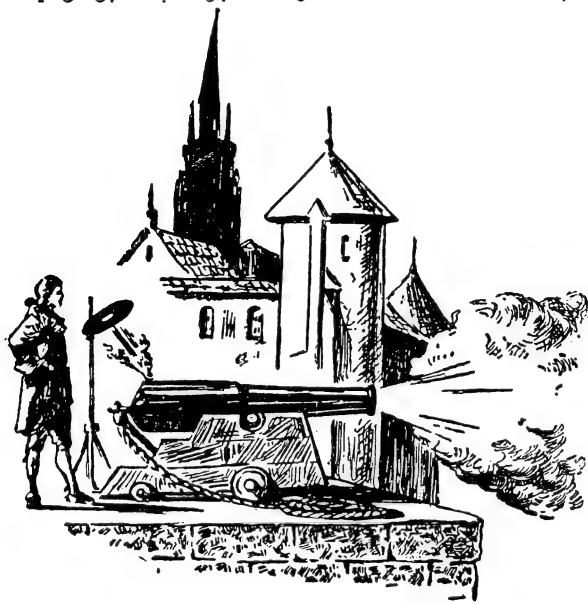
در روم که حرفه نظامی رونق بسیار داشت؛ بر اثر این حسن توجه پیروزیهای زیادی کسب میکردند. و در زمان امپراطوری اگوست ستون سزوستریس (۱) را که ۳۴ متر طول داشت از مصر

آورده و در وسط میدان مارس (۱) نصب کردند، این ستون به طریقی نصب شده بود که ساعت آفتابی صحیحی تشکیل میداد.

در سال ۱۲۷۸ امپراطور چین بنام کوشوشینگ (۲) در پکن ساعت آفتابی نصب کرد که طول میله آن ۴۰ پا بود.

در سال ۱۴۳۰ منجم معروف ازبک بنام الغ بیک ساعت آفتابی که طول استیل آن به ۱۷۵ پا (تقریباً ۵۰ متر) میرسید در یکی از میدانهای سمرقند برپا نمود.

توجه پادشاهان و امراء به ساختن ساعت های دیواری تنها به علت نشان دادن عظمت خودشان نبود؛ بلکه بر اثر نیازی



شکل ۴- تویی که درست سر ظهر توسط نور خورشید منفجر میشد



بود که همه بشناختن زمان داشتند.

رینه (۱) مکانسین معروف به کمک عدسی و باروت نوعی ساعت آفتابی ساخت که هنگام ظهر سوت میزد،

مکانسین دیگری بنام روسو (۲) عدسی را روی توپی به‌طریقی قرار داد، که در ساعت دلخواه توپ شلیک میشد؛ اینکار اغلب برای اعلام ظهر انجام میگرفت.

ساختن ساعت‌های آفتابی تا قرن شانزده و هفده نیز ادامه داشت. امروزه هم این ساعت‌ها ساخته میشوند؛ لیکن فقط جنبه تزئینی دارند.

ساعت‌های آفتابی هرچه زیبا و دقیق هم ساخته میشدند اولاً در شب‌ها، و روزهای ابری قابل استفاده نبودند؛ ثانیه در مسافرت‌ها، یا در موقع جنگ حمل و نقلشان غیرممکن بود. لذا ساعت شنی بیشتر مورد توجه قرار گرفت.

## ساعت شنی

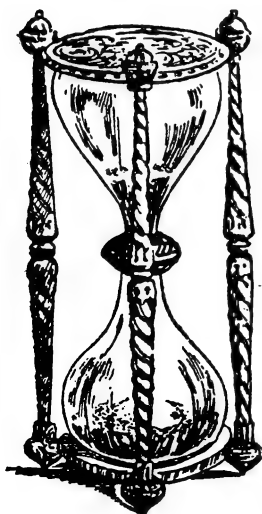
### ساعت شمع‌ی، ساعت آبی

اساس ساختمان ساعت‌شنی از دو ظرف شیشه‌ای که یکی بالاتر از دیگری قرار دارد تشکیل شده، این دو ظرف به‌وسیله قیفی بهم مربوط هستند.

ظرف بالائی از شن‌های یکدست و یک اندازه پر است. دانه‌های شن بطوریکه نواخت به‌داخل ظرف پائین میریزند؛ این خود وسیله اندازه‌گیری زمان است.

وقتی شن‌های ظرف بالا خالی شد محل دو ظرف را عوض میکنند و ظرف پر شده را مجدداً در بالا قرار میدهند؛ زیرا از

نظر شکل و کار دو ظرف بالا و پائین هیچگونه اختلافی بایکدیگر ندارند. (شکل ۵)



شکل ۵ - ساعت شنی

برای اندازه گیری دقیق تر زمان میبایست ظرف های فوقانی را با اندازه های مختلف قرار دهند، بطوری که یکی ربع ساعت، یکی نیم ساعت، دیگری سه ربع ساعت و چهارمی يك ساعت را نشان دهد. یعنی وقتی ظرف كوچك از شن خالی شد يك ربع ساعت باشد.

خالی شدن ظرف دوم نشانه نیم ساعت، ظرف سوم سه ربع ساعت، و بهمین ترتیب وقتی ظرف چهارم از شن خالی شد نشانه گذشت یک ساعت باشد. این چهار ظرف بایکدیگر ارتباط دارند و شن های آنها به چهار ظرف پائین میریزد، به محض تمام

شدن شن ظرف های بالائی کسی که مأمور اینکار است دستگاه را وارونه میکند تا یک ساعت دیگر از زمان سنجیده شود.

این نوع ساعت بیشتر بکار دریا نوردان میآید و برای تعیین اوقات کار و استراحت گروه های دریا نوردان مورد استفاده قرار میگیرد.

ساعت شنی در صورتی زمان را درست و دقیق اندازه میگیرد که شن ها ریز، خشک و یکنواخت باشند، و بهم نچسبند و راه قیف را مسدود نکنند.

در قرن سیزده برای تهیه شن با شرایط مناسب؛ شن و خاکستر مرمر را با شراب و آبلیمو میجوشاندند تا کف کنند سپس کف آنرا میگرفتند و مجدداً آنقدر میجوشاندند تا خشک شود، اینکار را ۹ مرتبه تکرار میکردند.

باوجود اینکه مراقبت ساعت شنی وسیله بسیار مطمئنی نبود و گاهی نامنظم کار میکرد. این نوع ساعت اولاً برای اندازه گیری زمان های کوتاه مناسب است. ثانیاً دائماً مراقبت لازم دارد.

به این جهت بزودی ساعت های شمعی و آبی جای ساعت های شنی را گرفتند و در سراسر دنیای قدیم رایج شدند. یکی از وسائلی که معدنچیان قدیم بکار میبردند ساعت شمعی بود و آن عبارت از:

ظرفی بود که آنرا از روغن پر میکردند و قتیله ای از دهانه آن خارج می ساختند. شمع به اندازه ای بود که درست ۱۰ ساعت روشن باشد کارکارگرهای معدن با این چراغ تنظیم میشد، یعنی از وقتی که آنرا روشن میکردند کارگران به معدن وارد شده و وقتی خاموش میشد کارشان به پایان میرسید.

در چین ساعت شمعی مخصوصی داشتند. (شکل ۶) برای ساختن آن، نوعی چوب جنگلی را بصورت پودر درآورده؛ با عصاره های مخصوصی آمیخته و خمیر کرده، سپس آنرا بصورت پیچیده یا رشته ای بکار میبردند.

طول بعضی از این ساعت های شمعی بیش از چند متر است. چنین ساعتی قادر است زمانی به درازای یک یا چند ماه را نشان دهد. این ساعت علاوه بر آنکه اطاق را روشن میکند بوی مطبوعی نیز پخش مینماید. گاهی به رشته ساعت شمعی گلوله های فلزی میندند؛ بطوریکه وقتی آتش به آن میرسد رشته را پاره میکند

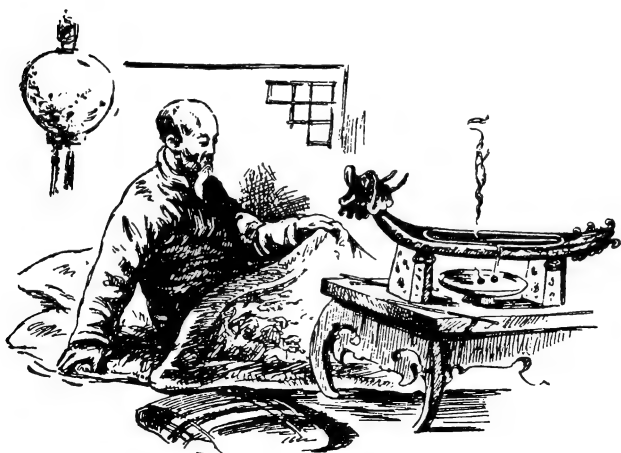


شکل ۶ - ساعت شمعی چینیها

و گلوله فلزی با ضربه شدیدی به طرف چینی که زیر ساعت قرار دارد میخورد و از صدای آن شخص خوابیده بیدار میشود. لذا این ساعت را ساعت شمعی بیدار کننده مینامند. (شکل ۷)  
 عده زیادی از اختراعات گذشتگان در قرون وسطی بطوری از میان رفت و فراموش شد؛ که حتی اثری نیز از آنها به جای نماند.

در دیرها و صومعه‌های قدیم گاهی درازی شب را از تعداد دعاها و نمازها می فهمیدند؛ لیکن مسلماً این روش هیچگاه دقیق نبوده است.

از زمانی که در دیر به وسیله سوختن شمع وقت را میشناسند دیر زمانی نمیگذرد. برای شناختن زمان های کوتاه؛ شمع را علامت میگذاشتند. سوختن مقدار معینی از شمع؛ نشان دهنده وقت مشخصی بود.



شکل ۷- ساعت شماطه‌دار چینی

به این وسیله مثلاً می‌فهمیدند که چقدر از شب گذشته است. در اروپا به تدریج روی ساختمان ساعت‌های شمع‌ی تغییر و تحولاتی داده شد.

مطبوع بودن بوی مخصوص ساعت شمع‌ی، و جالب بودن چگونگی اجرای آن، موجب شد که مدت زیادی مورد استفاده قرار گیرد.

ایرادهای وارد بر ساعت شمع‌ی، سختی تهیه شمعه‌ها یا چوبک‌های سوختنی یکنواخت، جلوگیری از عوامل مؤثر در تسریع سوختن، از قبیل عوض شدن هوا، باد و غیره زیر اینها عواملی بودند که می‌توانستند نظم کار ساعت شمع‌ی را مختل سازند.

عیب دیگر این ساعت‌ها اینست که مرتب باید تجدید بشوند

و حال آنکه این نقص در ساعت های آبی نیست، و تجدید منبع آب نیز کار مشکلی نمیشد. **ساعت آبی**، برای اولین بار در مصر مورد استفاده قرار گرفته است. ممالک دیگری که بعد از مصر از این ساعت استفاده کرده اند عبارتند از :

اسرائیل، بابل، یونان و چین .

یونانی ها ساعت آبی را کَلِپْس ئیدر (۱) مینامیدند.

در آبادیهای الجزایر آب ارزش زیادی دارد و شخصی که متصدی تقسیم آب است اوکیل الما (۲) نامیده میشود او برای اینکه آب را به میزان مساوی و معین بین زارعین تقسیم کند؛ همزمان با ورود آب در مزرعه معین، يك منبع كوچك را که تنها يك منفذ دارد نیز از آب پر میکند. آب قطره قطره از این منفذ خارج میشود .

وقتی آب این منبع خالی شد متصدی آب ، آب سهمیه آن دهقان را تمام شده میداند، زیرا وقت را با خروج قطره های آب از منبع تنظیم کرده است .

تمام شدن آب نشان دهنده اتمام وقت است بنابراین آب را به مزارع دیگر میبرد .

در ساعت های آبی اصلاحات زیادی بعمل آمده است . اندازه گیری زمان به کمک ساعت های آبی، از روی سرعت جریان آب موجود در يك منبع درجه بندی شده، انجام میگردد. (شکل ۸) گاهی مدت مباحثات داد گاههای عمومی را از روی ساعت آبی اندازه گرفته و از روی آن وقت را میشناختند.

از این ساعت در قشون برای پاسداری و اندازه گیری زمان آن استفاده میکردند.

ساعت آبی با اینکه مفید است ؛ باز نتوانست مدت



شکل ۸ - ساعت آبی

درازی به عنوان تنها وسیله تعیین کننده زمان مورد استفاده قرار گیرد.

بر اثر مرور زمان متوجه شدند که اگر منبع آب بزرگ باشد و سوراخ تقریباً در ته ظرف تعبیه شود در ابتدا که ظرف پر است آب با سرعت و فشار بیشتر خارج میشود و بمحض کم شدن آب از سرعت حرکت قطرات آن نیز کاسته میگردد، برای جبران این عیب سوراخهای متعددی تعبیه کردند، ابتدا سوراخ بالائی را باز کرده و سپس از سوراخ دوم و سوم و ... استفاده میشد. به این وسیله

تقریباً فشار را ثابت نگهداشته و در نتیجه سرعت آب نیز ثابت میماند.

عده ای از سازندگان ساعت، میخواستند ساعتی بسازند که تنها زمان طولانی را اندازه بگیرد؛ بلکه بتواند لحظات کوتاه زمان را نیز بر حسب قوانین نجومی تعیین کند.

برای حصول این منظور ساعت هائی با ساختمان بسیار پیچیده درست کردند.

شرح ساختمان تعدادی از این ساعت ها در تاریخ آمده است.

ساعت آبی که پلاتون (۱) ساخت؛ شاگردان را بموقع معین برای حضور در جلسه درس فرا میخواند.

هارون الرشید خلیفه عباسی در ابتدای قرن نهم ساعت آبی به شارلمانی (۲) هدیه کرد.

این ساعت که از برنز و طلا در شهر دمشق ساخته شده بود؛ رأس هر ساعت مجسمه متحرکی را نشان میداد.

مأمون خلیفه عباسی نیز ساعت آبی داشت که ساعت به ساعت پرندگان روی شاخه های نقره ای آواز میخواندند.

در قرن هشتم یکی از علمای نجوم چین بنام ای-گانگ (۳) ساعت آبی ساخت که سر ساعت زنک میزد؛ و حرکات خورشید و ماه و ستارگان و خسوف و تغییر وضع ستارگان را نشان میداد.

ستاره شناس معروف دانمارکی بنام تیکو براه (۴) (۱۶۰۱-۱۵۴۶) ساعت آبی ساخت که اوضاع نجومی را نیز نشان میداد.

اسحق نیوتن ساعتی ساخت که قوانین ثوری خود را روی

- 
- |               |                |
|---------------|----------------|
| 1- Platon     | 2- Charlmagne  |
| 3- I - Gangue | 4- Tycho-Brahe |



آن، مورد مطالعه قرار داد.  
 در قرنهای هفتم و هشتم کوشش دانشمندان این بود که ساعت  
 را بر اصول مکانیک بسازند.  
 سرانجام اصول مکانیکی موجب شد که ساعت‌های آبی و  
 شمعی و غیره متروک و غیر قابل استفاده گردند .

## ساعت ماشینی به کمک چرخ و آونك

با پیشرفت علوم و فنون احساس احتیاج به ساعت و شناختن وقت بیشتر شده اند.

ساعت های بزرگ زمان قدیم نظیر ساعت آبی و غیره هرگز نتوانستند جوابگوی احتیاجات علوم و صنایع جدید باشند زیرا در این ساعتها دقایق و لحظات بطور دقیق نشان داده نمیشد و گاهی اختلاف زیاد مشاهده میگردد.

اساس ساختمان چنین ساعتها نیز طوری بود که رفع عیوب مهم آنها امکان پذیر نبود.

برای اینکه ساعت آفتابی دقیق تر باشد و بتواند زمانهای کوتاه را نشان دهد. لازم می آمد که بسیار بزرگ ساخته شود؛ لیکن به این ترتیب هم هرگز عیب اساسی آن یعنی کار نکردن در شب رفع نمیگردید و فقط زمان کوتاهی را اندازه میگرفت.

ساعت شنی میتواند بطور شبانه روزی کار کند؛ و زمان دراز را نیز اندازه بگیرد ولی اختلاف و اشتباه آن زیاد بود و دقایق هرگز با هم مساوی نمیشدند.

ساعت شمعی نه تنها خیلی دقیق نبود؛ بلکه تجدید آن نیز کار

مشکلی به نظر میرسید .

ساعت آبی با وجود کمالی که نسبت به ساعت های ماقبل خود داشت؛ زمان را بطور صریح نشان نمیداد و ساختمان مفصلی نیز لازم داشت .

به همت مردان بزرگ و صنعتگران نامی؛ در قرن هشتم ساعت ماشینی اختراع شد که به کمک چرخ و لنگر کار میکرد .

## چرخ؛ به جای شن، آتش و آب

هر گاه رشته ای را دور محوری به پیچیم و وزنه ای به انتهای آن آویزان کنیم؛ مشاهده میشود که آن محور دور خود میچرخد این چرخش یکنواخت نبوده و به تدریج تندتر میشود.

ساختمان ماشین ساعت هم بدین طریق است؛ لیکن به تریبی که سرعت چرخش یکنواخت باشد.

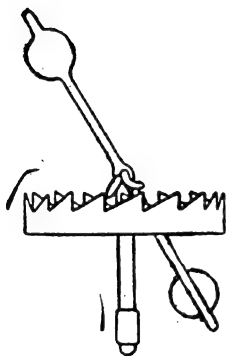
ساختمان آن بر اساس قانون چرخ ها قرار دارد.

اساس ساعت های ماشینی بشرح زیر است:

محوری افقی انتخاب میکنند و رشته تقریباً درازی که وزنه به انتهایش آویزان است به دور آن می پیچند؛ سنگینی وزنه رشته را از دور محور باز کرده و در نتیجه محور میچرخد .

این چرخش به وسیله یک سیستم چرخ های دندانه دار به عقر به ای منتقل میگردد. دستگاه فولیوت (۱) این چرخش را آهسته و منظم میکند .

فولیوت چنانکه در (شکل ۹) ملاحظه میشود؛ عبارت از میله ای است که در کنار چرخ دندانه دار بطور موازی قرار گرفته



شکل ۹- فولیوت

است . دو صفحه چرخ بطور عمود بر یکدیگر به این میله ثابت شده‌اند . وقتی که چرخ در حال چرخش است دندان‌های دو صفحه درهم فرو رفته و باهم حرکت میکنند . به این ترتیب حرکت محور تحت کنترل قرار میگیرد . یعنی دندان‌ها به نوبه خود مانع حرکت چرخ میشوند . این ساختمان موجب می‌گردد که فولیوت دارای حرکات نوسانی باشد . در هر حرکت نوسانی فقط یک دندان آزاد میشود .

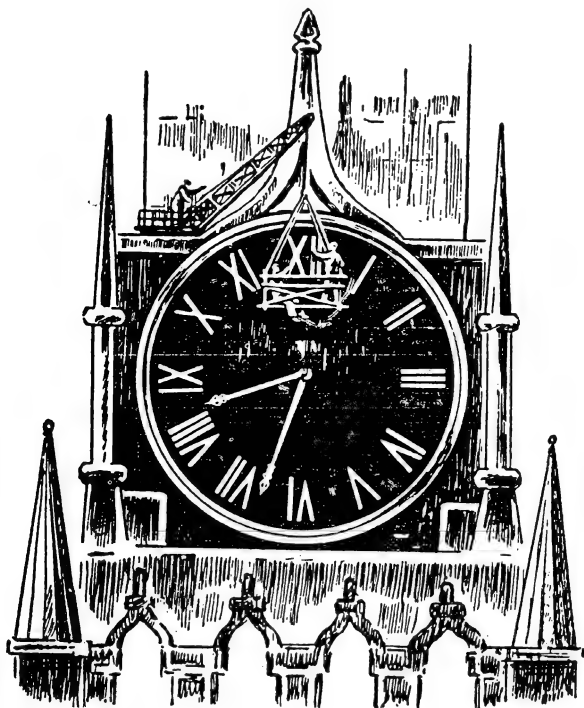
به دو سر دستگاه فولیوت دو وزنه متصل شده است؛ که حرکات نوسانی را کند کرده؛ و در ضمن منظم مینمایند ؛ و از حرکات بی تناسب آنها جلوگیری میکنند . ساعت‌های چرخدار معمولاً روی مناره کلیساها و دیوانخانه‌ها و قصرهای مجلل نصب می‌گردید؛ و اغلب بسیار بزرگ ساخته میشد .

به عنوان مثال: ساعتی به وسیله تیکو براه در قرن ۱۶ ساخته شد که قطر چرخ دندان‌دار آن ۹۱ سانتیمتر؛ و تعداد دندان‌هایش ۱۲۰۰ بود .

معمولاً ساعت‌های چرخدار به وزن تقریباً ۱۰۰ کیلوگرم بوده‌اند .

هر چه قطعات تشکیل دهنده ساعت چرخدار بزرگتر ساخته شود ؛ حرکات آن جالب‌تر خواهد بود؛ برای اثبات بودن و مستمر کردن حرکات چرخ ، همیشه بایستی دستگاه‌های

چرخش آن چرب و روغن زده باشد .  
 تغییرات این نوع ساعت، از چند دقیقه در شبانه روز  
 تجاوز نمیکند .  
 یکی از بهترین نمونه‌های، ساعت‌های چرخدار ، ساعت  
 کاخ کرملین (۱) است . (شکل ۱۰)



شکل ۱۰- ساعت معروف کرملین

ساختمان این ساعت؛ چند طبقه از مناره اسپاس کایا (۱) را اشغال کرده است .

این ساعت به طریقی ساخته شده است که هر عدد آن به تناسب بزرگی و کوچکی؛ انسان بزرگ یا کوچک اندامی را نشان میدهد .

در تاریخ ، زمان ساختن این ساعت سال ۱۴۰۴ نوشته شده است .

ساعت کاخ کرملین تاکنون چندین بار تعمیر و ترمیم شده است .

در سال ۱۷۰۹ به دستور پیراول (۲) این ساعت به وسیله بزرگترین ساعتسازهای عصر مجدداً برپا شد. تزار نیکلای اول (۳) آنرا تغییر داد ؛ به طوریکه در ساعت های ۶ و ۹ و ۱۲ سرود ملی را اجرا میکرد و آهنگ هنگ گارد پرئوبرژانسکی (۴) را مینواخت .

این ساعت غیر عادی عقربه های بزرگ و محورهای عظیمی دارد که هر سر آنها به وزنه هایی بیش از ۱۰۰ کیلو گرمی متصل است .

مثلاً یکی از محورها، عقربه را حرکت میداد؛ دیگری زنگها را به صدا در میآورد ؛ سومی سنتور میزد ؛ چهارمی در ربع ساعت ها آهنگ اجرا میکرد و پنجمی هوا وارد ساعت می نمود .

صفحه ساعت در طبقه هفتم برج ؛ دستگاه حرکت دهنده آن در طبقه هشتم و ۳۵ زنگی که آهنگها را اجرا میکنند در طبقه نهم برج قرار دارند .

در انقلاب اکتبر ساعت کرم‌لین به‌دستور لنین تغییر کرد .

یعنی پس از آن در عوض سرودهایی که مینواخت ؛ سرود بین‌المللی مینوازد .

## آونگ

### قلب ساعت‌های جدید

گرچه امتیاز ساعت‌های چرخدار به‌ساعت‌هایی که قبل از آن وجود داشتند ؛ از قبیل ساعت شمعی و آبی و غیره فراوان است و زمان را به مراتب دقیق‌تر از آنها اندازه میگیرد ؛ لیکن باز نمیتواند به انتظارات علوم و فنون جدید پاسخ گوید . اکثر علوم ، به‌خصوص علم نجوم ارتباط کامل با زمان داشته و احتیاج بدقت فراوان دارد .

آونگ نجومی بخوبی ازعهده پاسخ به‌این معما برآمده و اندازه‌گیری زمان را بسیار دقیق انجام میدهد .

حکایت میکنند که گالیله در سن ۲۰ سالگی همواره در این اندیشه بود که چگونه میتوان حرکات آونگ را بدون اینکه دوره‌های نوسان آن بوزن بستگی داشته باشد تنظیم کرد . در یکی از اعیاد (عید قربانی) وقتی به کلیسارفت ؛ چشمش به دوچهلچراغ برنزی افتاد که به‌وسیله زنجیرهایی بیک اندازه از سقف آویزان بودند ؛ با اینکه اندازه و وزن این دوچهلچراغ کاملاً باهم متفاوت بود ؛ بر اثر وزش باد هر دو دارای حرکات نوسانی یکنواختی بودند .

این نکته گالیله را به این فکر داشت که میتوان از حرکات  
نوسانی آونگ جهت تنظیم حرکت استفاده کرد. (شکل ۱۱)



شکل ۱۱ - آونگ گالیله

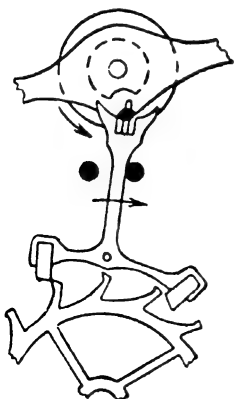
بزودی کریستن هوئی ژان (۱) بدون اطلاع از تئوری گالیله؛  
استفاده از آونگ را جهت تنظیم حساب و ساعت بکاربرد.  
اساس کار این ساعت بشرح زیر است:  
وزنه‌ای به کمک رشته‌ای که به دور قرقره‌ای پیچیده شده  
با پیچ و دنده‌های متعدد حرکات چرخش را یکنواخت میکند.



## ساعت‌های آونگدار

### چگونه تنظیم شده است؟

چرخ‌های دندانه‌دار به محور مربوط میشوند .



چرخ ثانیه شمار به وسیله دو متوقف کننده لنگر محصور شده است .

(شکل ۱۲)

هنگام نوسان آونگ و حرکت چرخ‌های ثانیه شمار؛ متوقف کننده های لنگر بطور متناوب؛ حرکت چرخ ثانیه شمار را متوقف و آزاد کرده و بدین وسیله سرعت حرکت آنرا تنظیم مینمایند.

شکل ۱۲ - چرخ دنگ  
با لنگر ساعت

لنگر از طرف دیگر به آونگ متصل است و موجب حرکت آن میشود .

اساس ساعت‌های آونگدار حرکات نوسانی آنها است .  
با اختراع ساعت آونگدار تقریباً همه ساعت‌هایی که قبلاً مورد استفاده بودند متروک شدند .

این ساعت موجب تفکیک مسائل مختلف علوم شد. به عنوان مثال میتوان گفت که به کمک این ساعت اجرام سماوی و حرکات آنها بطور دقیق مورد مطالعه قرار گرفت .

زمان نجومی را با دقت لحظه اوج خورشید و یا یک ستاره دیگر

مشخص کردند؛ زیرا به وسیله این ساعت اختلافهای بسیار جزئی را نیز میتوان محاسبه کرد و وضع دو ستاره را نسبت بهم سنجید .

مثلاً میتوان حساب کرد که چه مدت طول میکشد تا ظهور آنها در سمت مشرق تجدید شود .

با حساب کردن طول مدت روز؛ حتی میتوان مدت حرکت دورانی خورشید را نسبت به ستارگان دیگر سنجید .

این اولین قدم علم نجوم و دریاوردی است که به اندازه گیری زمان وابستگی مستقیم دارد .

طی قرون اخیر در ساختمان ساعت های آونگدار تغییرات زیادی بعمل آمده که هنوز هم ادامه دارد .

در قرن ۱۵ فنر را نیروی محرکه این ساعت قرار دادند . اساس ساختمان این ساعت موجب شد که وزن آن تقلیل یافته ؛ و از ۱۰۰ کیلوگرم به چند کیلوگرم برسد .

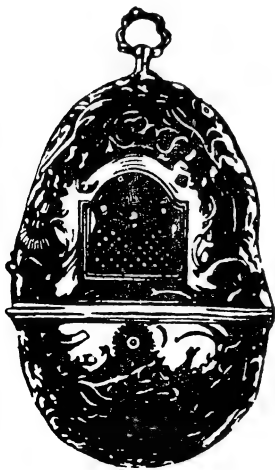
اولین ساعت عقربه دار فقط دارای عقربه ساعت شمار بود در سال ۱۵۵۰ ساعت هائی که دارای عقربه ساعت شمار و دقیقه شمار بودند ؛ ساخته شد .

در سال ۱۷۶۰ ؛ ساعت دارای عقربه ثانیه شمار گردید . ساعت دیواری آونگدار متعلق بقرن ۱۷ است .

اولین ساعت آونگدار در روسیه ساخته شد؛ که اختراع آن؛ به دوم مخترع بنام های کولی بین (۱) و لوسکو (۲) نسبت داده میشود .

ایوان کولی بین در سال ۱۷۳۵ درنی جنی نوگارود (۳) متولد شده است .

وی مخترع ؛ پلهائی که يك طاق دارند ؛ کشتی هائی که که به كمك جراثقال حرکت میکنند؛ تلگراف نوری و دو چرخه است .



شکل (۱۳) ساعت کولبینه

Koulibine

نوعی ساعت مطابق شکل (۱۳) نیز از اختراعات او است .

این دانشمند مدت ۵ سال روی اختراع و تکمیل این ساعت زحمت کشید و آنرا به عنوان پیشکش به کاترین دوم تقدیم کرد .

در این ساعت با نزدیک شدن سر هر ساعت ؛ درهائی باز میشد ؛ و سالی نمودار میگردد که در قسمت مقابل آن قبرستانی قرار داشت ؛ دو بروی قبرستان ؛ قبر حضرت مسیح دیده میشد که

بایک در کوچک بسته مشخص شده بود . در مقابل این در کوچک سنگی به نظر میرسید .

دو سرباز مسلح نیزه دار در دو طرف قبرستان ایستاده بودند ؛ پس از نیم دقیقه از دهانه درها فرشته ای ظاهر میشد ؛ در این وقت سنگ جلودر میچرخید در قبر باز میشد و سربازهای مراقب به زانو در میآمدند .

نیم دقیقه بعد ؛ دو زن مقدس به فرشته نزدیک میشدند ؛ سپس يك آهنگ مذهبی دستجمعی به گوش میرسید و درها بسته میشدند .

این نمایش قبل از هر ساعت تکرار میشد .  
 آهنگی که ساعت در ۸ صبح و ۳ بعد از ظهر مینواخت؛ از  
 یکنوع بود ولی از ساعت ۴ بعد از ظهر تغییر میکرد .  
 بزرگی این ساعت از اندازه تخم يك غاز تجاوز نمیکرد .  
 سر ساعت و ربع ساعت زنگ به صدا در میآمد .

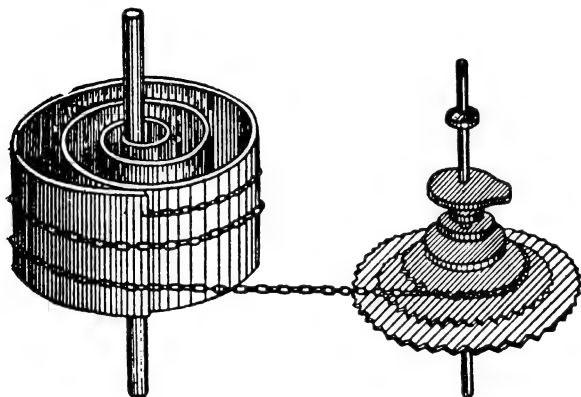
وضع ظاهر ساعت کاملاً شبیه ساعت های جیبی بود .  
 ترنتی و لوسکو (۱) (۱۷۲۹ - ۱۸۰۱) در زمینه نور ،  
 نجوم و مکانیک اختراعات بسیاری دارد . وی پس از چندین سال  
 کار مداوم توانست ساعتی بسازد که دقیقه و ساعت و ماه را نشان  
 دهد ؛ و در این تغییر زمان وضع خورشید را نیز نمودار کند .  
 ماه و ستارگان هم در این ساعت دیده میشدند ؛ ساختمان  
 آن بسیار پیچیده بود بطوریکه با تغییر روزها شکل ماه از نظر  
 هلال و بدر تغییر میکرد . این کار از نظر مکانیک بسیار پرارزش است .  
 کار این ساعت با قوه فنر انجام میشد .

با این حساب که وقتی فنر باز میشد نیرویش کمتر میگردد  
 و ممکن بود نظم کار مختل گردد؛ لذا به وسیله محوری يك دستگاه  
 چرخ و دنده و يك رشته زنجیر؛ به فنر ساعت افزود ؛ تا فنر  
 نگهداشته شود .

چرخ و دستگاه محور بشکل مخروط ناقصی است که دارای  
 يك شکاف میباشد . (شکل ۱۴)

وقتی که فنر باز میشود ؛ زنجیر کوچکی که به این فنر متصل  
 است ؛ دور آن می پیچد ؛ باز شدن بیش از حد فنر را مانع  
 میشود .

با این روش فنر باز شده ؛ جای کمی را اشغال میکند ؛



(شکل ۱۴) محور چرخ، و فنر و زنجر متعادل کننده فشار فنر

اگر تمام فنر یکمرتبه باز شود نیروی کشش آن کم میگردد؛ اما رشته دور فنر نیروی آنرا یکنواخت نگه میدارد. دستگاه چرخ و محور در ساعت های دریائی مورد استفاده قرار میگيرد.

این نوع ساعت ها اولاً خیلی سنگین هستند. ثانياً برای گذاشتن در جیب جا گیر میباشند.

امروزه بیشتر از فنرهای بلندی استفاده میشود که خاصیت ارتجاعی آنها تقریباً ثابت است. تغییرات ناچیز طول آونگ ؛ در حرکت ساعت بسیار مؤثر است.

طول فلزات بر اثر تغییر درجه حرارت کوتاه و بلند میشود مثلاً يك ميله فولادی به طول يك متر با يك درجه افزایش حرارت  $0.12$  میلیمتر و يك ميله يك متری مس  $0.16$  میلیمتر و يك ميله يك متری روی  $0.28$  افزایش طول پیدا میکند.

اگر طول آونگ در شرائط صفر درجه حرارت تنظیم شده باشد؛ در حرارت ۲۰ درجه سانتیگراد  $10/4$  ثانیه در روز تأخیر پیدا میکند.

برای کم شدن اشتباه در یک ساعت؛ در ساختمان آن باید اصولی رعایت شود که جبران حرارتی آونگ را کرده و تغییر درجه حرارت موجب تغییر در اندازه گیری زمان نشود.

برای اطمینان از جبران حرارتی؛ هاریزون (۱) آونگی ساخت که از یک جفت تیغه روی و یک تیغه فولاد تشکیل شده بود. این سه تیغه به طریقی بهم جفت شده بودند که به طور متقابل کم و زیاد یکدیگر را جبران میکردند.

در قبال این طرح هاریزون آونگی ساخته شد؛ که حد اکثر اختلاف آن در شبانه روز از چند صدم ثانیه تجاوز نمیکرد. این اختراع حائز کمال اهمیت بود.

اختراع لنگرهای ساعت در واقع قدمی در تکمیل ساعت های فنردار است.

آونگ ساعت جسم کوچک و سبکی است که در کمان تعادل نوسان میکند.

ساعت فنردار به وسیله آونگ کار میکند. فنر قوه حرکت آونگ است.

اخیراً فنر ساعت را کوک میکنند؛ عمل کوک کردن؛ فنر را دور محوری می پیچد؛ فنر برای باز شدن بدنه ای وصل میگردد که باید آنرا با خود بچرخاند.

فنر در حین چرخیدن محور کم کم باز میشود. علت باز شدن تدریجی آن اینست که به چرخ دندانه داری وصل است و باید دستگاه متصل به این چرخ دندانه دار را به حرکت در آورد.

فتره وقتی که دستگاه را می پیچانند شل میشود.  
دنده‌هایی که به محور فتر وصل است؛ گرداننده دنده‌های  
واسطه، دنده‌های محور ثانیه شمار، و سایر محورهای ساعت از قبیل  
دقیقه شمار، ساعت شمار و غیره است.

از جمله دنده‌هایی که می‌چرخد، دنده مربوط به لنگر ساعت  
است؛ که موجب حرکت نوسانی آونگ میشود.

فتر مارپیچ لنگر مرتب باز و بسته میشود؛ لیکن لنگر  
ساعت به طریقی ساخته شده است که فقط حرکت نوسانی دارد.  
یعنی ساختمان مخصوص آن موجب می‌گردد که حرکت دورانی  
تبدیل به حرکت نوسانی شود.

زمان این حرکات نوسانی تقریباً ثابت است.  
اندازه گیری زمان با ساعت‌های آونگ‌دار در حقیقت  
شمردن تعداد دفعاتی است که آونگ حرکت نوسانی دارد. به وسیله  
دنده‌های مخصوص این حرکت مجدداً به حرکت دورانی تبدیل  
شده و سوزن عقربه را روی صفحه بحرکت می‌آورد.  
به این وسیله زمان را از روی تقسیم‌بندی صفحه ساعت  
شناخته و می‌خوانند.

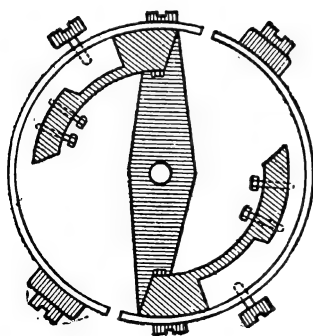
### کار مهم در این نوع ساعت‌ها با آونگ است.

در مدت ۲۴ ساعت که فتر بزرگ؛  $3/5$  دور محور بزرگ  
را می‌گرداند، آونگ  $432000$  مرتبه حرکت نوسانی میکند.  
و فتر مارپیچ آن  $216000$  بار باز و بسته می‌گردد.  
این ساعت وقتی دقیق است که حرکت آونگ آن هرگز  
تند و کند نشده و درجه حرارت محیط در آن تغییر ندهد.

به وسیله لنگر فتردار نمیتوان عرض نوسان را ثابت  
نگاه داشت، زیرا باز و بسته شدن فتر همیشه یکنواخت نیست.  
مرکز ثقل آونگ مرتب از محورش دور میشود دامنه

نوسان در ابتدا بزرگ و بتدریج کوچک میگردد .  
ساعت‌های فنردار هرگاه به وسیله فنرهای قوی‌تر ساخته  
شوند تندکار کرده، و در صورتی که فنرشان ضعیف باشد کارشان  
کندتر میشود.

این عیب بوسیله آونگ برگه (۱)  
مرتفع میگردد. مطابق (شکل ۱۵)



شکل ۱۵ - فنر برگه  
(Breguet)

فنر خارجی این آونگ  
بطرف بالا خم شده و بوسط  
متصل است. در این فنر قسمت  
خارجی کوچکتر از سایر  
قسمت‌هاست. چنین فنری بطور  
یکنواخت باز میشود.

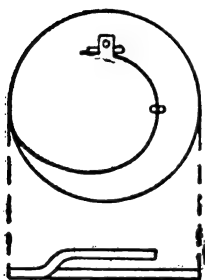
وقتی آونگ کار میکند  
هرگز مرکز ثقل آن از محور  
دور نمیشود؛ و در نتیجه تعادل  
در دامنه حرکت ثابت میماند.  
دوره نوسان ساعت فنردار

برگه بدامنه نوسان بستگی ندارد؛ باین معنی که نوسان‌ها  
متساوی‌المدت هستند. کارچنین ساعتی بقوت و قدرت فنر هم  
بستگی ندارد.

برای اطمینان از جبران حرارتی آونگ؛ تاج هلالی  
شکل آنرا از لحیم کردن دو فلز مختلف ساخته‌اند .  
(مطابق شکل ۱۶)

معمولاً تیغه خارجی از آلیاژ مس و روی بوده و تیغه  
داخلی از فولاد است .





شکل ۱۶ - انگر با  
جبران حرارت

وقتی که درجه حرارت محیط  
بالا رود معمولاً طول فنر از دیاد  
میباید. و از خاصیت ارتجاعی آن  
کاسته میشود.

این دو عامل سبب میشوند که  
نوسان آونک کند گردد.

در این وقت، تیغه‌های دوفلزی  
آونک را بطرف داخل میکشاند،  
زیرا ضریب انبساط آنها بسیار کم  
است. در نتیجه لحظه‌بی حرکتی

وجود می‌آید؛ که آن نیز بوسیله افزایش نوسان جبران میشود.  
چنین سیستمی با وجود تغییر درجه حرارت محیط؛ دارای  
نوسان‌های مساوی خواهد بود.

در سال ۱۹۰۴ بعوض سیستم جبران‌کننده حرارتی آونک  
را از جنس فلزی که ضریب انبساط آن فوق‌العاده کم باشد انتخاب  
میکردند.

ساعت‌های دریائی به مراتب از ساعت‌های فنر دار  
دقیق‌ترند.

برای جبران سستی فنر از چرخ و دنده و آونک مخصوصی  
استفاده میکنند؛ که جبران‌کننده تغییرات حرارتی است.  
ساعت دریائی در صندوقچه‌ای بطور افقی قرار گرفته و  
نسبت بکشتی تقریباً مایل است.

در اثر این توجه ساعت‌های دریائی جدید زمان را؛ تا  
چند صدم ثانیه تقریب، بطور دقیق نشان میدهند.

## چرا ملوانان به ساعت دقیق احتیاج دارند؟

کشتی بزرگ تجارتي بكمك موتور قوی با صد ها مسافر  
بسرعت از اقیانوس ها میگذارد.

سرنشینان کشتی نه قدرت دیدن ساحل را دارند و نه  
بزودی با کشتی های دیگر برخورد میکنند؛ لیکن حرکت کشتی  
همواره با اطمینان کامل در جهت معینی ادامه دارد.

چگونه ملوانان راه خود را بطور دقیق می شناسند؟

شناختن زمان در این کار چه نقشی دارد؟

آیا انسان توانسته است در نتیجه مسافرت های قهرمانی و  
مشکل شناسائی لازم را بدست آورد؟ برای درك این مطالب باید  
چند قرن به عقب برگردیم.

## کشتی جهانگرد و کشف تازه

در بیستم سپتامبر ۱۵۱۹ دریکی از اعیاد مذهبی مسیحیان؛  
ضمن جشن با شکوهی؛ در میان هلله و شادی مردم؛ دسته ای از  
ملوانان با شلیك چند توپ ساحل سویل (۱) را ترك کردند.

این گروه از ۵ نفر ملوان جسور و شجاع که هر يك سر-پرستی يك كشتی و كار كنان آن را بعهده داشتند تشكيل ميشد.

فرناند ماژلان (۱) فرمانده ملوانان بود.

هدف این مسافرت كشف راه شرقی بطرف مجمع الجزایر مولوك (۲) یا سرزمین مشرق بود.

زیرا تا آنوقت راهی که به مشرق منتهی میشد؛ عبور از قاره افریقا و گذشتن از اوقیانوس هند بود؛ و این راه در آن زمان به وسیله پرتقالیها اشغال شده؛ و مواضع نظامی آنها در آن مسیر مستقر گردیده بود باین جهت اسپانیاییها به جستجوی راه تازه ای به مشرق زمین پرداختند.

ماژلان قصد داشت علاوه بر یافتن راه جدید به مشرق زمین امریکا را دور زده، از اوقیانوس کبیر گذشته و دوباره به نقطه ابتدای حرکت خود باز گردد و باین ترتیب يك بار دنیا را دور بزند.

اولین قطعه خشکی که بآن برخوردند جنوبی ترین نقطه امریکا بود؛ سپس به تنگه ای رسیدند که اوقیانوس کبیر را به اوقیانوس اطلس متصل میکرد.

ماژلان طبق نقشه ای که در دست داشت به زودی دریافت که مسیر حرکتش غلط است.

لذا با دقت وارد تنگه شد و در آن به جستجو پرداخت، دسته ای از ملوانان از اعمال و رفتار ماژلان ناراضی شده؛ دست به شورش زدند؛ لیکن توسط همراهان ماژلان مغلوب گردیدند. جستجوی تنگه در يك خلیج خالی از سکنه در تمام مدت زمستان همچنان ادامه داشت.

پس از مدتی یکی از كشتی ها درهم شكست و كشتی دیگری

نیز بعلت فرسودگی قدرت حمل‌نداشت لذا آنرا نیز رها کردند، سرانجام راه تنگه کشف شد.

ماژلان مسافرت خود را با سه کشتی باقیمانده در اوقیانوس آرام شروع کرد.

این مسافرت ۱۰۰ روز بطول انجامید؛ در نتیجه آذوقه کشتی‌ها تمام شد؛ به‌طوریکه خدمه کشتی مجبور شدند از چرم اطراف طناب‌های کشتی‌های تغذیه کنند.

فساد غذاهای مانده تولید بیماری کرد. سرانجام بعد از رنج فراوان خشکی را دیدند.

در حقیقت خشکی به آخرین رمق بازماندگان قهرمان درود می‌فرستاد.

با اینکه یکی از غلامانی که همراه کاروان بود نژاد شرقی داشت و زبان هندی می‌دانست باز چند روزی در ساحل متوقف ماندند تا به خاک مشرق زمین قدیم گذاشته در این فاصله نبردی که بین خدم کشتی در گرفت ماژلان کشته شد و گروه جهانگردان از داشتن سرپرستی آهنیناراده محروم شدند.

بزودی نظم کشتی‌ها بهم خورد؛ و با اینکه خدم کشتی دیگر دست از اختلاف کشیده بودند؛ ملوانان نسبت بآنها شدت عمل نشان میدادند.

در يك مجلس جشن عده‌ای از ملوانان در مخفی‌گاه مخصوصی که بوسیله کارکنان کشتی ترتیب داده شده بود؛ معدوم شدند. و افراد باقیمانده آنها برای اداره و رهبری سه کشتی دیگر کافی نبودند؛ لذا یکی از کشتی‌ها را آتش زده و به این ترتیب فقط دو کشتی از کاروان به ساحل رسیدند در برگشت به ساحل کشتی‌ها مملو از جوز، فلقل و دارچین بود. اما یکی از کشتی‌ها سوراخ شده و آب وارد انبار آن گردید. ملوانان مجبور شدند

آنها نیز باقی گذاشته و به آخرین کشتی باقی مانده پناه برند .  
این کشتی که از کشتی‌های دیگر کوچکتر بود؛ راه‌درازی  
را که در پیش داشت آغاز کرد .

این مسافرت در واقع انقلابی عظیم بود؛ زیرا برای بشریت  
زندگی جدیدی را نوید میداد .

این کشتی کوچک از جنگ پرتغالی‌ها نجات پیدا کرده و  
به ساحل سویل (۱) رسید .

کشتی پس از سه سال به نقطه‌ای رسید که از آن حرکت  
کرده بود؛ در حالیکه جهت حرکت آن دائما بطرف مغرب بود.  
به این ترتیب تردید در کروی بودن زمین از میان رفت.  
این کشتی بادبانی کوچک حقیقت دیگری را هم به ثبوت  
رسانید .

پیگافتا (۲) که یکی از همراهان ماژلان بود؛ راه‌طی شده  
و مشاهدات خود را در دفتری یادداشت کرده بود.

پیگافتا مشاهده کرد که این مدت در اسپانیا یک روز زیادتر از  
مدتی بود که آنها در کشتی گذرانده‌اند .

**روز مراجعت آنها برای افراد کشتی چهارشنبه  
و برای مردم اسپانیا پنجشنبه بود.**

در نتیجه این اختلاف پیشوایان مذهبی اسپانیا دچار وحشت  
گردیدند ؛ و بدون اینکه علت آنها بدانند آنروز را عید وروز  
روزه قرار داده ؛ و باقی مانده اعضاء کاروان را مجرم و گناهکار  
اعلام کردند ؛ و آنها را وا داشتند که در آنروز صدقه فراوان  
بدهند و با پای برهنه در حالیکه شمع روشنی به دست دارند بطرف  
کلیسا برآه افتند .

اما با همه این استغفارها باز دلیلی برای گردش زمین آورده بودند .

یکی از دلایل گردش زمین و مدور بودن آن اینست که افراد تحت فرماندهی ماژلان از يك نقطه حرکت کردند و درحالیکه جهت حرکت آنها ثابت بود مجدداً به همان نقطه رسیدند .

این اولین مسافرت به دور دنیا بود .

## چگونه يك روز اختلاف را میتوان

## پیدا کرد

ژول ورن (۱) شرط کرده بود که میتواند در مدت ۸۰ روز (برابر ۸۰ روز ساحل) یکدور به دور دنیا بگردد .

او میگفت در کشتی، در واکن های راه آهن ، در میان کوهستانها ؛ بیابانها و جنگل ها اگر همواره بدون لحظه ای توقف به طرف مشرق حرکت کند ؛ پس از گذشتن از هزاران مانع ۸۰ روز دیگر بزادگاهش باز خواهد گشت .

مسافرت ژول ورن چند ساعت بیش از ۸۰ روز بطول انجامید در نتیجه شرط را باخته و کوشش هایش از نظر شرطی که بسته بود بی نتیجه ماند .

وسیله حمل و نقلی که او را همراهی میکرد در نهایت وفاداری انجام وظیفه کرده و هیچ روزی غافل نمانده بود .

تاخیر ژول ورن این بود که خاتمه مسافرت او در امروز؛ دیروز ساحلی بود که او آنرا ترك کرده و دوباره به آن میرسید .

اگر سرعت پیشروی مسافر زیاد باشد شاید بتواند در آخرین لحظه موعود به مقصد برسد .

چگونه مسافراین يك روزا اختلاف را بدست آورده ؛ در حالیکه همیشه به طرف مشرق حرکت نموده است .

اودراین مسافرت ۸۰ بار طلوع خورشید را دیده ؛ اما ساکنین وطنش بیشتر از ۸۰ مرتبه طلوع خورشید را مشاهده کرده‌اند .

یکی از نویسندگان حکایت میکند ؛ که شبی دو فرمانده کشتی که هر يك سفری به دور دنیا درپیش داشتند ؛ خواستند به دیدن دوست مشترکی بروند .

یکی از فرماندهان کشتی همواره در جهت مغرب پیش میرفت و حال آنکه جهت حرکت دیگری مشرق بود .

هر دو دريك روز معین حرکت کردند و باید دريك روز مجدداً بهم میرسند .

پس ازرسیدن این دو فرمانده به یکدیگر ؛ آنکه بطرف مغرب حرکت کرده بود اقرار کرد که فردا یکشنبه ؛ و دیگری میگفت که دیروز یکشنبه بوده است ؛ عقیده میزبان آنها این بود که همین امروز یکشنبه است .

گفته کد امیک ازاين سه نفر صحيح بود ؟  
گزارش دو فرمانده براساس اشتباه تنظیم نشده و میزبان آنها به دلیلی که توضیح خواهیم داد نیز دچار اشتباهی نشده است .

## سال از کجا شروع میشود

در پایان قرن اول میلادی مارن دوتیر (۱) جغرافیدان رومی برای آنکه جهتیابی روی نقشه جغرافیا آسان باشد ، خطوطی

تصور کرد که همه آنها از قطبین میگذرند و آنها را نصف النهار نامید و خطوط دیگری را که به موازات یکدیگر و عمود بر نصف النهارات باشد در نظر گرفت و آنها را مدارات نامید.

بزرگترین مدارات زمین که خط استواست صفر درجه و شامل ۹۰ دایره در قسمت شمال و ۹۰ دایره در قسمت جنوب است که عرض شمالی و جنوبی را به حسب درجه نشان میدهند.

مبنای طول جغرافیائی نصف النهاری است که از ناحیه گرینویچ (۱) نزدیک لندن میگذرد.

این تصمیم در کنگره سال ۱۷۴۴ اتخاذ شده است.

۱۸۰ نصف النهار واقع در سمت مشرق گرینویچ و ۱۸۰ نصف النهار واقع در مغرب آن؛ طول جغرافیائی نامیده میشوند که بر حسب درجه تنظیم گردیده اند

طول يك قوس يك درجه ای  $\frac{1}{360}$  محیط دایره است.

هر درجه به ۶۰ قسمت تقسیم میشود و هر قسمت يك دقیقه نامیده میشود و يك ثانیه  $\frac{1}{60}$  دقیقه است.

طول جغرافیائی (تعداد درجات نصف النهار يك منطقه از نصف النهار مبدأ) و عرض جغرافیائی (فاصله مدار منطقه مورد نظر از خط استوا) يك منطقه؛ محل آنرا روی کره زمین معلوم میدارد.

مثلاً مسکودر  $55^{\circ}$  عرض شمالی و در  $37^{\circ}/37^{\circ}$  مشرق مبدأ قرار دارد.

هر نقطه کره زمین؛ در ۲۴ ساعت يك دور کامل میگردد؛ پس در هر ساعت زمین  $15^{\circ}$  گردش میکند.



ظهر گرینویچ (ساعت ۱۲) در مسکو یعنی نقطه‌ای که  $۱۵^{\circ}$  در سمت مشرق آن قرار دارد ساعت ۱۳ یعنی يك ساعت از ظهر گذشته است .

همان وقت در نقطه‌ای که  $۱۵^{\circ}$  در سمت مغرب مسکو قرار دارد يكساعت به ظهر مانده یعنی ساعت ۱۱ است .

اگر کسی در مسکو ساعت خود را (به وسیله رادیو) با ساعت لنینگراد میزان کند؛ در مسکو وقتی ظهر است که ساعت او  $۱۲:۳۵$  را نشان دهد .

یعنی ساعت های مسکو و لنینگراد ۳۵ دقیقه با یکدیگر اختلاف دارند .

طبق قاعده‌ای که بیان شد میتوان فهمید که لنینگراد در  $۵^{\circ}/۸$  مغرب مسکو قرار دارد .

پس اگر به دور دنیا مسافرت کنیم باید مرتب ساعت خود را با ساعت‌های محلی میزان نمائیم .

به این جهت کره زمین را به ۲۴ خط نصف النهاری مهم که فاصله هر يك از آنها  $۱۵^{\circ}$  است تقسیم میکنند .

در سراسر فاصله دو خط همیشه ساعت یکسان است .

اگر از بین دو خط وارد دو خط دیگر شویم باید عقربه ساعت را يكساعت به جلو یا به عقب برگردانیم .

(بر حسب اینکه به سمت مشرق یا مغرب رفته باشیم) در راه آهن های بزرگ کشورهای وسیع نظیر امریکا و شوروی وقتی از منطقه‌ای به منطقه دیگر میروند؛ در داخل قطار این اختلاف را در نظر میگیرند، لیکن در ایستگاه این قطارها فقط يك نوع ساعت قرار دارد که آن را بر حسب ساعت پایتخت میزان کرده‌اند .

داخل قطار ؛ در هر واگن که متعلق به منطقه مخصوصی است ساعت آن منطقه را نیز قرارداده‌اند .

در ممالك وسیع اگر به تاریخ تلگراف هائی که مخابره میشود دقت کنیم این اختلاف زمان را در آنها خواهیم دید.  
مثلاً در يك نامه تلگرافی که از ولادیوستک (۱) به مسکو مخابره گردیده، نوشته شده است :

صبح روز اول ژوئن، اما این تلگراف بعد از ظهر روز ۳۱ مه به مسکو رسیده است، یعنی تلگراف يك روز قبل از مخابره دریافت گردیده است.

حقیقت امر آنست که در شهر ولادیوستک ساعت ۴ صبح روز اول ژوئن (به وقت محلی) برابر ۶ بعد از ظهر ۳۱ ماه مه (به وقت محلی) در مسکو است.

در تمام کشورها ساعت برای طول جغرافیائی معینی به کار میرود.

ساعت ورشو که وقت اروپای مرکزی را اعلام میکند، يك ساعت از ساعت مسکو عقب است.

به عکس در ناحیه تبیلیسی (۲) ساعت؛ یک ساعت از وقت مسکو جلوتر میباشد.

در خاور دور روسیه آفتاب ۹ ساعت زودتر از مسکو طلوع میکند بطوریکه ظهر مسکو معادل ساعت ۹ بعد از ظهر پتروپالوسک (۳) است.

چون مناطق و شهرها به طور دقیق روی نصف النهار معینی نیستند؛ زمان و ساعات را نمیتوان در آنها بطور دقیق مشخص کرد.

حدود طبیعی مناطقی که دارای ساعت یکسان هستند؛ اغلب به وسیله رودخانه‌ها یا سایر خطوط طبیعی معین میگردند.

- 
- 1- Vladivostok      2- Tbilissi  
3- Pétropalovsk

با وجود آن، اشکالاتی در تعیین حدود ساعات وجود دارد.  
در شهر نووسیبیرسک (۱) که در کنار رود عظیم ای (۲) بنا شده بین مشرق و مغرب شهر یکساعت اختلاف زمان وجود دارد.

به این جهت در تاریخ اول مارس ۱۹۵۷ در آن شهر خط آهن سراسری کشیدند که هم دو منطقه‌ای را که بایکدیگر اختلاف زمان داشتند از یکدیگر جدا کند و هم خط ارتباطی و اداری باشد.

سرزمین آلتائی (۳) به تنهائی بسه منطقه تقسیم میشود که ساعت هر منطقه با منطقه دیگر متفاوت است.

در اتحاد جماهیر شوروی ساعت محلی یا ساعت خورشیدی (مبنای زمان، طلوع خورشید از افق محل و غروب آن از همان افق است) وجود ندارد؛ بلکه از ساعت قانونی استفاده میشود که در شورای ۱۶ ژوئن ۱۹۳۰ به تصویب رسیده است.

بنابر این قانون؛ روی تمام ساعت های محلی؛ ساعتی وجود دارد که شروع و یا خاتمه کار بر حسب آن ساعت معین میشود.

این ساعت را برای رفاه مردم و صرفه جوئی در انرژی معمول کرده اند.

گفتیم هر يك از نصف النهارات با نصف النهار مجاوريك ساعت اختلاف زمان دارد، تنها يك نصف النهار وجود دارد که شروع سال است.

این خط فرضی نصف النهاری است که بین آسیا و امریکا قرارداد کرده اند.

با این قرار روز ابتداء از کامچاتکا؛ سپس سیبری؛ بعد اروپا و بالاخره در امریکا از آلاسکا شروع میشود. و هرگاه کشتی در يك روز از این خط تبدیل از طرف مغرب به مشرق حرکت کند؛ به محض عبور از خط تبدیل باید روز را تغییر دهد؛ اگرچه تازه ظهر شده باشد.

یعنی باید حساب کند که دوباره به دیروز بازگشته است. اما اگر جهت حرکت از مشرق به مغرب باشد باید حساب کند که به فردا رسیده است.

اکنون به درستی میتوانیم به سؤالاتی که قبلاً طرح کرده بودیم پاسخ گوئیم.

گروه ماژلان چون از مشرق به مغرب حرکت میکردند و از نصف النهار ۱۸۰ درجه‌ای گذشتند يك روز را از دست دادند.

ژول ورن نیز از نظر محاسبه دچار چنین اشتباه شده بود. پس اگر بخواهیم از خط نصف النهار تبدیل بگذریم باید يك روز را دو روز بحساب آوریم تا پس از گردش به دور زمین تقویم ما و مردم ساحل یکنواخت باشد.

اکنون به راحتی میتوان علت اشتباه تاریخی یکشنبه را فهمید.

دو دریانورد از يك نقطه معین در دو جهت مختلف (مشرق و مغرب) حرکت کردند و در نقطه‌ای بهم رسیدند.

آن روز باید برای هر دو آنها یکشنبه باشد؛ و حال آنکه برای یکی دیروز و برای دیگری فردا و برای میزبانان یکشنبه بود. علت این اختلاف اینست که یکی از مشرق به مغرب و دیگری از جهت عکس آن از خط نصف النهار ۱۸۰ درجه‌ای گذشته بود.

در قطبین یعنی محلی که نصف النهارات یکدیگر را قطع میکنند؛ بین خطوط نصف النهاری اختلاف زمان وجود ندارد.

## چگونه موقعیت يك كشتی در دریا معلوم میشود

آیاتا تاریخ دریا نوردی از ۲۰۰ تا ۲۵۰ سال تجاوز نمیکند؛ در عصر ما که به عصر کشفیات بزرگ جغرافیائی معروف است با وجودیکه وسائل مسافرت دریائی به بهترین وجه مهیا است باز مسافرت های طولانی دریائی چندان راحت نیستند . یعنی در يك مسافرت طولانی دریا نوردان هفته ها و بلکه ماهها اثری از خشکی نمی بینند .

پائین آب دریا و بالا آسمان آفتابی یا پرستاره مشاهده میشود .

تنها يك عقربه ساده بنام قطب نما با حرکت خود جهت شمال و جنوب را به آنها نشان میدهد .

برای اینکه بتوانند کشتی را به طرف دماغه ای حرکت دهند قبلاً باید بدانند در چه وضعی قرار دارند و در کجا هستند .

اما چگونه مکان و موقعیت خود را در دریای پهناوری که از هیچ طرف آن خشکی دیده نمیشود میتوان شناخت؟

پیدا کردن عرض جغرافیائی محل چندان مشکل نیست؛ برای اینکار کافی است هنگام ظهر یعنی وقتی که آفتاب در بالاترین نقطه است؛ زاویه بین سایه میله عمود بر سطح افق، با سطح افق پیدا شود.

به کمک ساعت، و این اختلاف درجه و جدول مخصوص به طور دقیق میتوان فهمید که کشتی در چه نقطه از عرض جغرافیائی

قرار دارد.

این محاسبات را به وسیله ستارگان نیز میتوان انجام داد.  
اما طول جغرافیائی به آسانی قابل محاسبه نیست و باید  
گفت کاری دشوار است.

در قرن ۱۸ حکومت های وقت کشورهایی که نیروی دریائی  
قوی داشتند، ازدانشمندان خواستند که در حل این مسأله بکوشند  
وراه ساده ای پیدا کنند که دریا نوردان به وسیله آن بتوانند در دل  
دریاها طول جغرافیائی محل خود را پیدا کنند.  
پیدا کردن طول جغرافیائی يك نقطه این است که مشخص  
شود آن نقطه چند درجه و چند دقیقه و چند ثانیه از نصف النهار  
مبدأ دور است.

(این مبدأ اغلب گرینویچ است)

نصف النهاری که از گرینویچ میگذرد در تمام عرض خود  
دارای طول صفر درجه است؛ و ساعت در تمام این مسیر یکنواخت  
میباشد.

ساعت گرینویچ ساعت بین المللی است؛ اگر ساعتی را  
مطابق آن میزان کنیم؛ و در نقطه ای مانند  $15^{\circ}$  طول جغرافیائی  
قرار داشته باشیم؛ و ساعت محلی  $12$  باشد (ظهر) در همین  
لحظه ساعت بین المللی  $11$  خواهد بود.

$15$  درجه  $\frac{1}{4}$  محیط کره زمین است.

به کمک این اطلاعات میتوانیم مسأله زیر را حل کنیم فرض  
میکنیم در  $30^{\circ}$  طول شرقی گرینویچ هستیم اختلاف بین ساعت  
محلی و ساعت بین المللی چقدر خواهد بود؟

با اطلاعات بالا این اختلاف  $2$  ساعت میشود.

حتی به این ترتیب میتوانیم فاصله خود را از مسکو یا هر

مبدأ دیگر تشخیص دهیم . زیرا با دانستن وقت محلی هر نقطه و ساعت مبدأ به سهولت میتوان طول جغرافیائی آن محل را بدست آورد .

هرگاه طول جغرافیائی نقطه ای را بدانیم میتوانیم طول جغرافیائی نقطه دیگری را هم که مورد نظر است بدست آوریم . وقت محلی را هم به کمک دستگاه نجومی فوق العاده ساده ای میتوان حساب کرد .

اغلب در کشتی ها ؛ از این دستگاه که دوربین سدس-یاب نامیده میشود استفاده میگردد .

این دستگاه برای اندازه گیری دقیق زاویه ای که نور خورشید با سطح افق میسازد بکار میرود .

ساختمان دوربین سدسیاب از يك دایره مدرج و يك دوربین افقی و يك سیستم آئینه تشکیل شده است .

(مطابق شکل ۱۷)

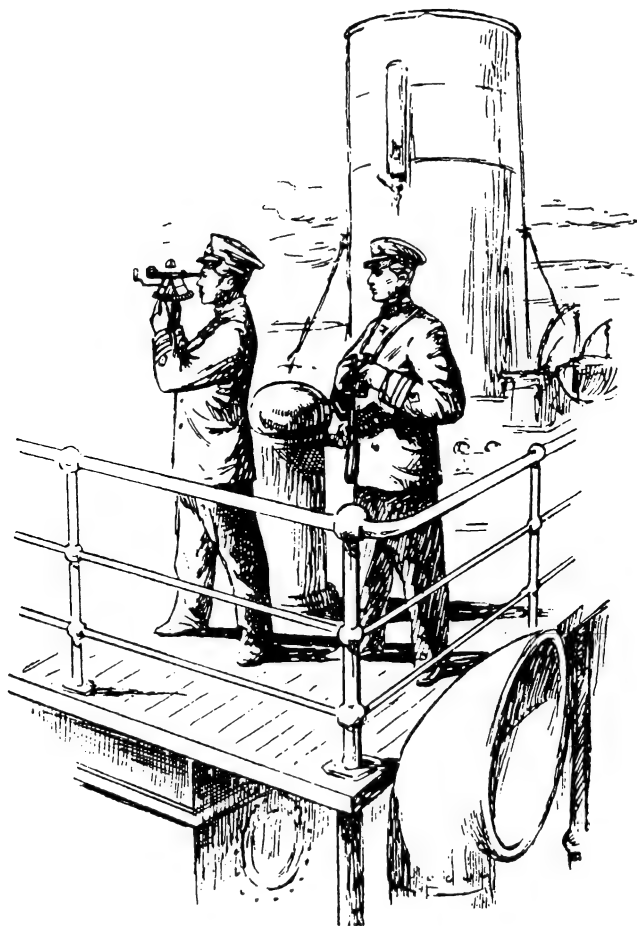
ملوان دوربین سدسیاب را به طور عمود میگیرد و دستگاه تنظیم آنرا که با حرکت آئینه صورت میگیرد میچرخاند . اشعه ستاره یا خورشید وقتی وارد دستگاه شود رؤیت میگردد .

این اشعه به وسیله دو آئینه منعکس میشود؛ به طوریکه به نظر بیننده ستاره در راستای خط افقی دیده میشود .

علم زاویه یابی خود وسیله ای است که با آن میتوان فاصله ستاره منظور را از سطح افق تعیین کرد .

ملوانان مشاهده خود را معمولاً کمی قبل از ظهر آغاز میکنند زیرا خورشید در این لحظه تحت بزرگترین زاویه رؤیت میشود .

زاویه‌ای که در این لحظه دیده میشود خود وسیله‌ای برای



(شکل ۱۷) مشاهده به کمک سدسیاب



تعیین عرض جغرافیائی محل است .  
 برای تعیین طول جغرافیائی باید ساعت هائی به همراه داشته باشیم که با وقت گرینویچ یا مسکو میزان شده باشد .  
 ساعت محلی را نیز باید بدانیم .  
 حل این قسمت از مسأله مشکل به نظر میرسد .  
 دانشمندان برای تعیین ساعت محلی روش های مختلفی پیدا کرده اند .

یکی از این روش ها مشاهده کسوف و خسوف است .  
 کسوف و خسوف در طی سال قابل پیش بینی است ؛ لیکن لحظات شروع و خاتمه آن برای نقاط مختلف زمین مخصوصاً نصف النهارهای مختلف متفاوت است .  
 با این روش ، یعنی مشاهده کسوف و خسوف میتوان زمان را در نقاط مختلف زمین حساب کرد .  
 لیکن متأسفانه این حالات نجومی به ندرت اتفاق می افتند و حال آنکه ماهر روز و هر ساعت به شناختن زمان احتیاج داریم ؛ تا بتوانیم به آن وسیله طول جغرافیائی يك نقطه را حساب کنیم .  
 پس این روش با وجود درست بودن ؛ کمتر مورد استفاده قرار میگیرد .

وقتی که ستاره مشتری (۱) در حال استتار میماند بهترین مشخص سنجش زمان بین المللی است .  
 سیارات مشتری متعددند ؛ لذا نقاط زیادی میتوانند از روی گرفتگی آن که متعدد است ساعت خود را میزان کنند . این نوع گرفتگی ها اغلب با يك عدسی كوچك قابل رؤیت هستند .  
 با محاسبه دقیق ، میتوان لحظات استتار ستاره مشتری را برای سالهای آینده پیش بینی کرد .

چون فاصله زمین تاملتتری بسیار زیاد است؛ لحظه شروع و ختم این گزفتگی‌ها در آن واحد دیده میشود؛ به این ترتیب میتوان تصور کرد که تشخیص لحظه شروع و ختم آن تاجه حد مشکل است .

به این جهت روش بالا مورد استفاده نبوده و رایج نیست .  
با دانستن طول جغرافیائی يك محل برای تعیین وقت محلی فقط احتیاج به يك ساعت داریم .

در حقیقت قبل از حرکت در دریا ساعت را مطابق وقت مسکو یا لنینگراد یا گرینویچ میزان میکنند ، این ساعت برای نقطه‌ای که طول جغرافیائی آن معلوم است مشخص کننده زمان میباشد .

مشکل کار اینست که ساعت باید بسیار دقیق باشد و تا چند صدم ثانیه را نشان بدهد؛ زیرا اشتباه کوچکی در زمان ؛ چنین محاسبات را دچار اختلاف بزرگ میکند .

به طوریکه يك دقیقه اشتباه در زمان از نظر عرض جغرافیائی در حدود ۱۵ کیلومتر اشتباه ایجاد میکند، و نزدیک خط استوا یک دقیقه اشتباه در زمان؛ برای محاسبه طول جغرافیائی قریب ۶/۲۷ کیلو- متر اشتباه ایجاد میکند .

اگر برای محاسبه زمان از ساعت های معمولی استفاده شود ممکنست طی روزها هفته ها و شاید ماهها که در سفر هستیم در محاسبه طول جغرافیائی ارقام مسخره ای بدست آوریم .

نوعی ساعت به نام ساعت هاریزون (۱) بسیار دقیق است و اغلب برای محاسبه طول جغرافیائی به کار میرود .  
این ساعت در ماه يك ثانیه اختلاف دارد .

هیأت پارلمانی انگلیس تصویب کرده که در بدئه کشتی های بزرگ که راههای درازی را طی میکنند ؛ ساعت هاریزون نصب گردد.

ساختمان این ساعت ها طوری است که با وجود طوفانهای شدید وآب و هوای مختلف همواره زمان را به طور دقیق نشان میدهد و مناطق سرد و گرم در نظم کار آن اثری ندارد و ملوانان به این وسیله میتوانند طول جغرافیائی مناطقی را که از آن عبور میکنند بطور دقیق پیدا نمایند .

این وسیله بسیار دقیق است؛ و امروزه نیز از آن استفاده میشود .

طی يك مسافرت ۸۱ روزه از پرت اسموت (۱) تا پرت رویال (۲) ( در کشور جامائیک واقع در جنوب کوبا ) ساعت هاریزون فقط ۵ ثانیه اشتباه کرده بود یعنی ۱۶۱ روز بعد که کشتی مجدداً به پرت اسموت مراجعت کرد ؛ اشتباه ساعت از چند ثانیه تجاوز نمی کرد .

با این تعریف و به این ترتیب مسأله پیدا کردن طول جغرافیائی حل شد .

امروزه طول و عرض جغرافیائی را بطور جدا گانه پیدا نمیکنند .

بلکه دریا نوردان تحت چند اصل که بطور کلی « قانون ارتفاعات » نامیده میشود دریا نوردی میکنند .

هر يك از این قوانین نتیجه مطالعات و بررسی های نجومی دقیق است .

برای استفاده از این روش فقط باید وقت را بر حسب ساعت

بین‌المللی دانست .

نزد دریا نوردان ساعت دستگاهی است به نام زمانسنخ (۱) که میتواند تا چند صدم ثانیه را نیز نشان دهد .

اختراع رادیو مسأله زمانسنجی را بسیار آسان کرده است؛ زیرا کشتی در هر فاصله قرار بگیرد میتواند به وسیله فرستنده و گیرنده وقت را به حسب ساعت دقیق مسکو یا گرینویچ دریافت کند. مؤسسه نجومی استرن برگ (۲) که دقیق‌ترین ساعت‌ها را در اختیار دارد هر شش ساعت یکبار وقت دقیق را به وسیله امواج رادیویی اعلام میکند تا دنیا ساعت های خود را با آن میزان کنند .

هر کشتی چندین دستگاه زمانسنج دقیق دارد که در اطاق ناخدا قرار گرفته است.

در شرائطی که خطری کشتی را تهدید می‌کند و دریا نوردان میخواهند هر چه زودتر ساحل نزدیک را به جویند؛ احتیاج شدیدی به زمانسنج دقیق دارند .

مشاهده و تجربه مهم و منحصر به فرد چهار کاشف روسی که نتایج علمی جغرافیائی فراوان در برداشت این حرکت با قطعه بسیار بزرگ یخ (کوه یخ) از دریای گروئنلند به طرف قطب شمال بود .

برای اینکه کاشفین به میزان انحراف قطعه یخ پی ببرند ، برای اینکه بدانند چه وقت به محل میرسند و چه وقت برای رسیدن به ساحل باید قطعه‌ای از یخ را جدا کنند (به کمک یخ‌شکن) احتیاج به دانستن دقیق مختصات جغرافیائی مسیر حرکت خود داشتند . و حال آنکه این مختصات دائما در تغییر بود.

مطالعات و کوشش‌های این چهارتن راه‌های تازه‌ای در تعیین مختصات جغرافیائی نشان داد .

در هر حال برای تعیین مختصات جغرافیائی دانستن دقیق زمان لازم می‌آمد .

امروز در قطب شمال پایگاه‌های دائمی متعددی قرار دارد که در آنها آزمایشگاه‌هایی تعبیه شده است .

همهٔ مؤسسات این پایگاه‌ها روی قطعات یخ قرار دارد . گروهی از دانشمندان به کارهای دقیق علمی مربوط به وضع جغرافیائی مشغولند . به علاوه روی اوضاع جوی قطب شمال ، و حیوانات خاص آن در اعماق مختلف و جریان‌های دریائی و چگونگی جاذبهٔ زمین و غیره مطالعاتی صورت می‌گیرد .

همهٔ این کوشش‌ها و اندازه‌گیری‌ها وابستگی تام به مختصات جغرافیائی داشته و این خود محتاج به شناسائی دقیق زمان است .

## تجیین، ضبط و اعلام زمان دقیق

شناسائی زمان در حل بسیاری از مسائل علمی و فنی مورد لزوم است. درجات وابستگی مسائل مختلف به زمان یکنواخت نیستند. لیکن آنچه مسلم است رشته‌های علوم و فنون هر چه دقیقتر میشوند اثر آشکار زمان در آنها بیشتر نمودار میگردد.

مثال ساده بر این مطلب مسأله حرکت است.

بنابه فرضیه و جنر (۱) انحراف و حرکت قاره‌ها به طور دائم و پیوسته، لیکن به کندی انجام می‌شود.

سرعت قسمت‌های متحرک پوسته جامد زمین (خشکی‌ها) مختلف و متفاوت است.

بنابر این فرضیه، اروپا و آمریکا سالیانه یک متر از یکدیگر دور میشوند. سنجش‌های دقیقی که طی سالهای زیاد انجام شده نشان داده است که فاصله قاره‌ها دائماً در حال تغییر است و اغلب این اختلاف فاصله روبه کاهش میباشد.

این سرعت در اروپا و آمریکا در عرض ۵۰ درجه شمالی به ۶۵ سانتیمتر در سال میرسد، بنابراین تغییر زمان در این نقطه تا ۰۰۲٪ ثانیه است.

این نکته نشان می‌دهد که سنجش زمان مستقیماً در تعیین طول جغرافیائی مؤثر است .

تعیین دقیق طول جغرافیائی بامشکلاتی روبرو میشود که برای حل آنها احتیاج به سه مسأله کمکی دارد .

۱- تعیین دقیق زمان؛ که بوسیله فرستنده‌های رادیوئی مراکز نجومی حل میشود گذشته از آن در روز میتوان بامشاهده نجومی خاص وقت را تعیین کرد .  
پس بهر حال در درجه اول باید زمان را در نقاط مختلفه کره زمین بشناسند .

۲- ضبط دقیق فواصل زمان ، و لحظات ، و تقسیمبندی نجومی آن یعنی ساعت دقیقی که بتوانیم با وقت رادیوئی میزان کنیم .

این مسأله به کمك ساعت های نجومی بسیار دقیق حل شده است .

مشاهده وضبط زمان به وسیله رصدخانه ها و مؤسسات علمی متعددی که شماره آنها روز به روز به تزايد است صورت میگیرد . اما شناسائی زمان بطور دقیق تنها برای رصد خانه ها و سایر مؤسسات علمی مورد لزوم نیست بلکه برای کارکنان کشتی ها و هواپیماها و سایر تجربیات روزمره مورد کمال ضرورت است .  
۳- تنظیم زمان و انتقال آن از رصدخانه ها و فرستادن آن به مکان های مورد لزوم .

این مسأله حائز کمال اهمیت است .

درواقع تشخیص زمان ، ضبط آن ، و انتقال و بخش آن به مناطق مختلف کره زمین مسائلی هستند که اخیراً برای حل آنها روش های دقیق تری پیشنهاد شده است .

که حل هر يك از آنها بشرح زیر است .

## تعیین دقیق زمان

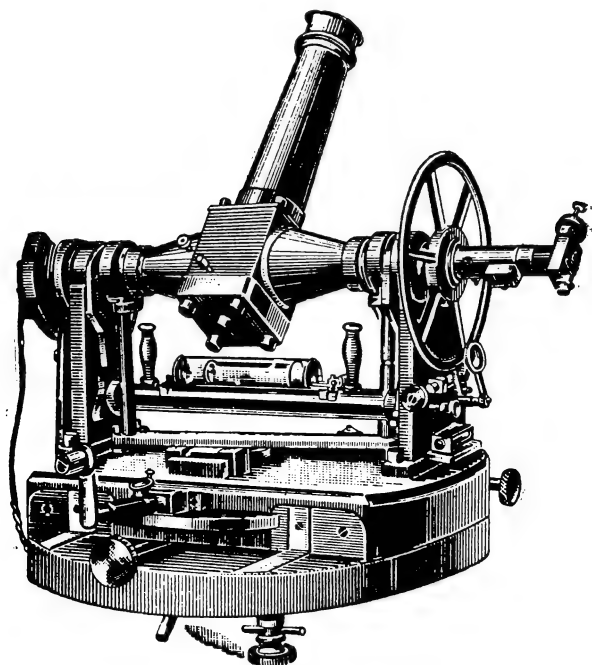
این روش مبتنی بر مشاهده آفتاب و ستارگان است .  
مشاهده کواکب نتایج روشن و دقیقی در بر دارد ، لذا :  
این روش اغلب مورد استفاده قرار میگیرد .  
وقتی توانستیم زمان را بطور دقیق تعیین کنیم باید به این نکته پردازیم که روزهای ستاره ای به مراتب کوتاهتر از روزهای خورشیدی است .

علت این مطلب آنست که زمین ضمن اینکه به دور خود میگردد در سالیانه يك بار به دور خورشید گردش میکند ، حرکت آشکار خورشید نشان میدهد که بین هر دو اوج متوالی آن همیشه ۳ دقیقه ۶۵ ثانیه اختلاف زمان وجود دارد ، یعنی فاصله زمانی اوج دوم نسبت به فاصله زمانی اوج اول طولانیتر است .  
طول این زمان در يك ماه به دو ساعت ، و در يك سال به يك روز میرسد .

این مقدار در مورد روزهای ستاره ای به مراتب کوچکتر است . اگر چندین شب به ستارگان نگاه کنیم به سهولت درمی یابیم که يك ستاره معین هر شب کمی زودتر از شب قبل طلوع میکند ، در حالیکه ستارگان توالی خود را همچنان حفظ میکنند .  
این حقیقت به علت کوتاهتر بودن روزهای ستاره ای از روزهای خورشیدی است وقتی رابطه این دو نوع محاسبه را درک نمودیم ، تبدیل آنها به یکدیگر آسان میشود .  
برای تعیین زمان ؛ در روشهای خاص نجومی ( مشاهده ستارگان ) باید از عدسی ها استفاده کرد .

( مطابق شکل ۱۸ )





شکل ۱۸ - دوربین متحرک

تلسکوپ دارای يك عدسی چشمی است که روی يك صفحه دید قرار دارد و يك عدسی شیئی متحرک دور مجوری افقی میگردد دایره ای مدرج درجات گردش دستگاه را نشان میدهد. عدسی ها در دستگاه طوری قرار گرفته اند که نسبت به یکدیگر مایلند و بیننده همواره از عدسی چشمی که در يك طرف محور افقی قرار دارد نگاه میکند.

در عدسی های چشمی ، دو خط باریک مرکز میدان دید را مشخص میکنند ، از مرکز عدسی چشمی يك خط عمودی نیز میگذرد .

معمولاً دوربین های بزرگ را در نصف النهار های مشخص قرار میدهند .

به وسیله مشاهده ستاره مشخصی در راستای خط عمودی عدسی زمان تعیین میشود برای تعیین محل عبور ستاره ، مشاهده کننده عدسی را آنقدر میچرخاند تا ستاره رؤیت گردد . یعنی بین دو خط باریک قرار گیرد ؛ سپس به كمك يكی از ساعت ها ؛ لحظه ای را كه ستاره از آن حد میگذرد بر حسب ثانیه محاسبه میکنند .

در همان حال بیننده دقیق عبور ستاره را از حد معینی كه به وسیله دو خط باریك مشخص شده است حساب میکند . و سعی مینماید كه زمان عبور ستاره را تا يكدهم ثانیه تقریب معین كند . این وسیله سنجش روش چشمی و گوش خوانده میشود .

دقت این عمل وابسته به دو عامل است :

۱- وسیله كامل و مجهز .

۲- مشاهده كننده دقیق و مبرز .

به وسیله این دو عامل میتوان زمان را تا يكدهم ثانیه محاسبه كرد .

در روش ثبت لحظات عبور ، به جای نگاه كردن به زمان سنج و نور ستاره از كلید هم استفاده میشود .

در این روش مشاهده كننده در لحظه عبور ستاره كه به كمك رشته قائم عدسی چشمی تشخیص داده میشود كلید برق را میزنند حرکت ستاره روی نواری ثبت میگردد . در لحظه ختم عبور ستاره جریان را می بندند .

پس دو نشانه روی نوار متحرك دستگاه ضبط میگردد .

در همان لحظه، وقت به وسیله يك ساعت نجومی به طور مداوم تعیین و تقسیم میگردد.

با مقایسه این دو نشانه و وقت ساعت نجومی میتوان لحظه عبور ستاره را ثبت کرد.

دو روش بالا به دقت فراوان احتیاج دارند، و کمترین بی توجهی در آنها موجب به دست آمدن نتیجه غلط میگردد. اگر مبنای اندازه گیری زمان؛ عبور ستاره از نقطه معینی باشد. هر يك از مشاهده کنندگان آنرا به طریق اعلام میکنند. عده ای کمی دیرتر و عده ای دیگر زودتر.

با این روش تاکنون دو مشاهده کننده زمان را یکنواخت اعلام نکرده اند. با وجود این هرگز اشتباه از یکدهم ثانیه تجاوز نکرده است.

موضوعی که به پیچیدگی مسأله میافزاید اینست که يك مشاهده کننده همواره ستارگان مختلف را رصد میکند. با علم به اینکه بزرگی و کوچکی ستارگان خود مایه اختلاف است لذا اشتباهاتشان متفاوت میباشد.

اگر از وسائل ریزسنجی استفاده شود این اشکالات تاحدی مرتفع میگردد.

مثلاً وقتی که تغییر محل و حرکت دستگاه به کمک قرقره و با دست صورت میگیرد، زمانی که مشاهده کننده تصویر ستاره را بین دو خط افقی دید یعنی خط عمودی عدسی در راستای آن قرار گرفت؛ برای اینکه گردش زمین ستاره را از دید خارج نکند باید دستگاه را بچرخاند.

میدانیم حرکت آونک ساعت نجومی روی نواری ثبت است. اما چون همه اینها با دست انجام میشود، نتیجه عمل باز

خالی از اشکال نیست .

در دستگاههای ریزسنجی دقیق هرگز گردش دستگاه به وسیله دست نبوده و اینکار توسط موتور کوچکی انجام میگردد .

مشاهده کننده باید از مشاهده ستاره مطمئن شده ، سپس سرعت گردش دستگاه را تنظیم نماید . ولی علامت های ساعت نجومی به طور خود کار ثبت میشوند .

يك چنین وضعی موجب میگردد که از اشتباهها کاسته شده و نقش مشاهده کننده تنزل یابد .

در روش چشم و گوش حد اشتباه چند دهم ثانیه میباشد ، و حال آنکه همین وسیله اگر دستی باشد حدود اشتباه  $0.3$  تا  $0.4$  ثانیه و اگر موتوری باشد و نقش مشاهده کنند در آن تنزل یابد تا  $0.2$  ثانیه تقلیل مییابد .

اخيراً دستگاهی به نام چشم الکتریکی اختراع شده است که موجب ایجاد روش جدید و بسیار دقیقی در تعیین زمان گردیده است .

با اختراع این وسیله احتیاجی نیست که مشاهده کننده ستاره را ببیند و دستگاه را بکار اندازد ؛ بلکه این کار توسط چشم الکتریکی انجام میگردد . یعنی همه وسایل اندازه گیری به روش چشم و گوش ؛ خودکار میشود .

برای تعیین زمان راههای دیگری نیز وجود دارد .

اخيراً فقط چند ستاره مهم را که به نام ستاره های عصر معروفند معین کرده اند و اغلب اندازه گیری ها روی آنها انجام می شود .

این مشاهدات اگر صحیح باشد همیشه نتایج یکسان خواهند داشت .

قبل از اندازه گیری ؛ چند دهم ثانیه اختلاف را که هر

دستگاهی دارد باید در نظر گرفت .

برای از بین بردن اشتباه، انحراف محورافقی دستگاه ، زاویه انحراف محور عدسی نسبت به نصف النهاری که دستگاه در جهت آن قرار دارد، و هرگونه اصلاح دیگری که لازم باشد به عمل می‌آید. بعلاوه سرعت حرکت نیز محاسبه میشود.

مثلاً سرعت سیر نور در اطراف زمین  $300/000$  کیلومتر در ثانیه بوده و حال آنکه این سرعت در اطراف خورشید  $30$  کیلومتر در ثانیه است .

بهر حال برای اینکه نور از ستاره بزمین برسد احتیاج به زمان دارد و برای رسیدن از عدسی به شیئی به عدسی چشمی، دور بین نیز زمانی لازم است.

در این زمان گرچه بسیار کوتاه باشد دور بین و زمین که محمول آنست تغییر مکان میدهند . و برای اینکه باز هم نور ستاره به عدسی نرسد لازم است که عدسی دور بین را خلاف جهت حرکت زمین بچرخانند .

هر ۶ ماه یک بار زمین نسبت به ستاره کاملاً به طور معکوس قرار می‌گیرد. بنابراین باید جهت دور بین هم عوض شود .

پس در این روش اصلاح انحراف نور تابع انحراف عدسی است که آن نیز نتیجه حرکت زمین است .

پس این اختلافات باید همیشه منظور باشد .

در مورد عده‌ای از ستارگان اشتباهات این روش نیز محاسبه شده، معمولاً نمره متوسط نتایج را ثبت کرده‌اند .

اشتباه متوسط در اندازه‌گیری‌های زمان تقریباً  $0.10$  ثانیه در ساعت است .

سرویس‌های خبرگزاری وقت (زمان) در خط‌های بین‌المللی

معمولاً زمان مؤسسه خود را اعلام میکنند .  
 زیرا از نظر نجومی و تعیین وقت همه چیز برای آن خطوط  
 نصف النهاری شناخته شده است .  
 مؤسسات بین المللی زمان با یکدیگر اختلاف وقت دارند .  
 این سرویس ها منبع خبر را اعلام میکنند و معمولاً اختلافات آنرا  
 با سایر مؤسسات زمان نیز ذکر میکنند .

## نگهداشتن حساب زمان

اولین کار سرویس های زمان ، تعیین دقیق وقت است اما  
 کار به همین جا خاتمه نمی پذیرد ، بلکه بخش دوم مأموریت آنها  
 ضبط زمان و اندازه گرفتن آنست .

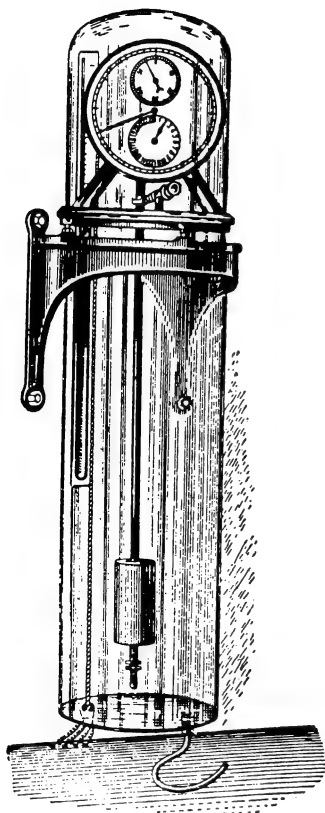
تعیین نجومی زمان چند روز یکبار تکرار می شود . در فاصله  
 این چند روز وقت به طور دقیق به وسیله ساعت های نجومی مخصوصی  
 حساب می شود .

ابتدا زمان را به طور دقیق معلوم می کنند و حساب ساختمان  
 ساعت های نجومی را کرده و تمام اشتباهات ممکنه و علت های  
 احتمالی آنرا نیز پیش بینی می کنند .

اساسی ترین بخش ساعت آونگ آن است .

در ساختمان ساعت تنها آونگ است که زمان را می سنجد و  
 اندازه می گیرد ، فنرها و چرخنده ها وسیله ارتباطی و محرکه  
 بوده و عقربه ها نیز برای نشان دادن زمان بکار می روند .

پس از هر نظر باید بهترین آونگ را انتخاب کرد به طوری  
 که شرایط آب و هوای محل در طول وسنگینی آن دست نداشته  
 باشد در موقع کوک کردن صدمه نبیند و تحت اثر زلزله و حرکات  
 هوا خراب نشود .



( شکل ۱۹ )

ساعت نجومی آونگدار

ساعت نجومی را در جعبه‌ای که جدار آن ساختمانی مخصوص دارد قرار میدهند به طوریکه هیچ موجی را به داخل منتقل نمیکند و در تمام سال حرارت داخل جعبه را به یک اندازه نگه میدارد .

برای اینکه مقاومت هوا و فشار جو آسیبی به آونگ وارد نیارد ، هوای داخل محفوظه رقیق شده است و فشار آن همیشه ثابت می باشد .

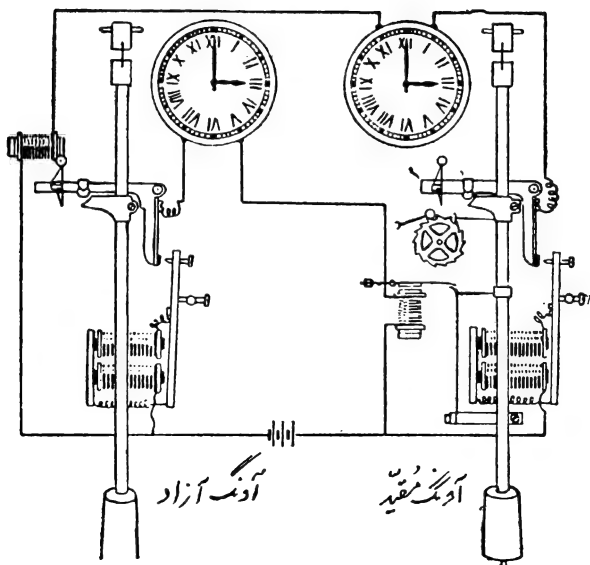
ساعت شورت ( ۱ ) نوعی ساعت دقیق نجومی است که دارای دو آونگ میباشد ، یکی از آنها به ساختمان مبدل و عقربه ها وصل می شود .

آونگ دیگر آزاد بوده و هیچگونه ارتباطی با چرخ - دنده ندارد .

( مطابق شکل ۲۰ )

آونگ آزاد درون محفوظه ای قرار داده شده که

جدار آن به وسیله پوششی فلزی پوشیده می شود .  
آونگ دیگر به وسیله دواکترومان کوچک به آونگ آزاد



شکل ۲۰ - ساعت نجومی دو آونگی

مربوط است، که در مجاورت یکدیگر نوسان می کنند .  
 آونگ اول که به ساعت و دستگاه آن مربوط است با حرکت  
 خود قطع و وصلی که در نتیجه آن ایجاد می کند ؛ آونگ دوم  
 را بنوسان می آورد .

این دو آونگ کاملاً دارای همزمانی میباشند .  
 در اتحاد جماهیر شوروی توسط ی - خوانبرگ (۱)  
 قهرمان کار و فعالیت و دانشمند بزرگ فیزیک در آزمایشگاه  
 انستیتوی مندلیف (۲) ساعتی اختراع شد که دو آونگ داشت و



دقیقترین ساعتی است که تاکنون اختراع و ساخته شده است. مقدار اشتباه این ساعت بسیار ناچیز است با وجود این خالی از اشتباه نیست.

هرگاه ساعتی داشته باشیم که زمان را به طور دقیق نشان ندهد اما میزان اختلاف آن در دست باشد، میتوان آنرا مورد استفاده قرار داد، زیرا وقتی میزان اختلاف را بدانیم میتوانیم وقت دقیق را بشناسیم.

متأسفانه میزان اختلاف هرگز ثابت نمی ماند. عوامل مختلف از جمله تغییر درجه حرارت و فشار هوا در کم و زیاد کردن آن مؤثرند.

اختلاف حرکت ساعت موردی است که به آن توجه فراوان می شود، به طوریکه چگونگی کار کردن ساعت در قبال آن بسیار ناچیز است.

ساعت نجومی نیز ممکنست مثل ساعت های دیگر در شبانه روز تا چند دهم ثانیه جلو و عقب بیفتد ولی آنچه مهم است اینست که این ساعت ها زمان را به طور اطمینان بخشی حفظ می کنند و به وسیله آنها میتوان وقت واقعی را شناخت.

با اینکه ساعت نجومی چند دهم ثانیه اشتباه دارد ولی هیچگاه اختلاف بین تغییرات آن از چند هزارم ثانیه تجاوز نمی کند.

پیش از چند سال نمی گذرد که برای حرکت مکانیکی ساعت از جریان برق و امواج الکتریکی استفاده شده است.

ساعتی ساخته شده که به عوض نوسان یک آونگ از خاصیت يك بلور کواتز پیزوالکتریک (۱) استفاده گردیده است.

صفحه ای از کوارتز تراشیده شده پیزوالکتریک خاصیت

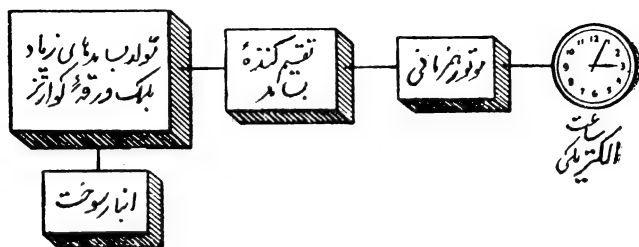
قابل ملاحظه‌ای دارد . یعنی اگر يك طرف آنرا تحت فشار بار الکتریکی قرار دهند ، طرف دیگر صفحه آن دارای الکتریسته‌ای خواهد شد که از نظر بار الکتریکی عکس طرف اول است .

پس اگر صفحه‌ای روی آن قرار دهیم و به يك طرفش جریان قوی متناوب وصل نمایم ، صفحه روی آن بلرزش درمی‌آید .

میدانیم این لرزش‌ها بسیار منظم و بطور دائم انجام می‌گیرد ، برخلاف نوسان آونگ که سرعت و دامنه آن به خودی خود تغییر می‌کند و با وسایل دقیق این تغییرات را کاهش داده‌اند :

کوآرتز پیزوالکتریک که استهلاك امواج آن فوق العاده کم است همان سنگی است که در رادیوسازی برای گرفتن دائمی امواج منتشر شده مورد استفاده قرار می‌گیرد .

با در نظر گرفتن این خاصیت نوعی ساعت نجومی از کوآرتز ساخته‌اند به نام ساعت نجومی کوآرتزی ( مطابق شکل ۲۱ )



شکل ۲۱ - طرح ساعت کوآرتزی

شامل مولدی با تناوب زیاد است که در آن يك صفحه کوآرتز و يك تقسیم‌کن مستقر شده و موتوری حرکت هماهنگ عقربه‌ها را تنظیم می‌کند .

مولد دارای جریان متناوب با نوسان فوق العاده زیاد است .

صفحه کوارتز با دقت تمام این امواج را میگیرد. و نوسان ها که تعداد آنها به چند هزار در ثانیه رسیده است به وسیله تقسیم کردن به طور معمولی به ۳۰۰ تا ۱۰۰ نوسان در ثانیه تبدیل شده، به طرف ساعت فرستاده می شود.

کارموتور اینست که نوسان را ثابت نگاهدارد و از پائین آمدن آن جلوگیری کند، و عقربه های ساعت را بچرخاند و نشان دهنده ساعت و دقیقه باشد.

سرعت چرخش موتوری که خواست است. و جریان متناوب است که موجب حرکت منظم آن میگردد.

در ساعت کوارتزی سرعت چرخش عقربه ها با نوسان لرزشی کوارتز پیزوالکتریک به طریق بسیار دقیق تنظیم شده است.

چون نوسان کوارتز دائمی است میتوان از نظر دقت و یکنواختی حرکت به ساعت اعتماد داشت.

این ساعت اغلب مورد استفاده علمای نجوم بوده و در بسیاری از آزمایشگاههای روسیه وجود دارد. زیرا این ساعت از سایر ساعت های نجومی آونگدار دقیق تر بوده و اشتباه آن در حدود ۲ تا ۳ هزارم ثانیه است و برای یک دوره چند ماهه، حتی چند ساله احتیاج به اصلاح ندارد.

در ساعت نجومی معمولی عقربه ها هرگز به طور دقیق ساعت را نشان نمیدادند زیرا در ثانیه آنها چند دهم اختلاف قابل پیش بینی بود، و حال آنکه در زمانسنجی این ساعت اختلاف و اشتباه به چند هزارم ثانیه رسیده است.

به همین دلیل سرویس زمان در شوروی با داشتن تعدادی ساعت های دقیق نجومی، یکی از حساس ترین سرویس های زمانی جهان است.

## پخش وقت دقیق

کارسرویس‌های زمان تنها تعیین و ضبط وقت نیست بلکه کار مهم دیگر این سازمانها اعلام زمان وساعت به تمام جهان است .

پخش زمان وعلامات آن به كمك وسائل مكانيكي ، سمعي يا نوراني انجام ميشود .

در پطرزبورك درهرظهريك توپ شليك مي كنند . همچنين مي توان ساعت ها را به وسيله ساعت نجومی انستیتوی مندلیف میزان کرد .

در بنادر و شهرهای كنار دریا ، برای شناختن ساعت از گلوله های مخصوصی استفاده می كنند .

كشتی های كنار بندر ، سرظهر گلوله ای از فراز دكل پرتاب می كنند .

امروزه برای پخش زمان از علائم برقی نظیر تلفون ، تلگراف ، رادیواستفاده میشود. مراکز فرستنده چندین مرتبه درروز ساعت دقیق را اعلام می كنند .

این ساعت ها بیش از یک-دهم ثانیه با زمان حقیقی اختلاف ندارند ،

در جاهائیكه اعلام دقیق زمان فوریت دارد ، با آهنگ مخصوصی صدای ساعت و حرکت ثانیه شمار را مستقیماً پخش میکنند . این ساعت ها دقیق تر بوده و دستگاههای فرستنده مخصوصی ندارد ، وزمان را با اختلاف چند هزارم ثانیه اعلام می نمایند .

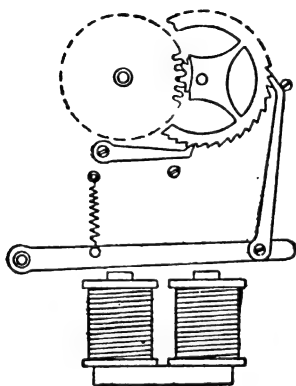
پخش ساعت دقیق در بسیاری از موارد ، لزوم فراوان دارد از جمله . راه آهن، پست و تلگراف و تلفن وغیره .

ممکن است افراد به طور عادی نیازی به زمان بسیار دقیق نجومی یا جغرافیائی نداشته باشند، ولی به هر حال باید دانست که نقاط مختلف شهر یا مملکت به ساعت های دقیق لااقل به حسب دقیقه نیازمندند.

این مسأله به وسیله ساعت های الکتریکی حل شده است. در ایستگاه های راه آهن شهر های بزرگ ساعت های الکتریکی نقش مهمی دارند.

ساختمان این ساعت ها بسیار ساده است. ساعت الکتریکی شبیه ساعت های دریائی و زنگ اخبار است.

ساعت دریائی دارای يك آونك، چرخ دنده ها، و زنگ است که به وسیله آنها زمان اندازه گرفته شده و اعلام میگردد. در این ساعت ها صفحه و عقربه ساعت شمار وجود ندارد.



شکل ۲۲ - ساختمان ساعت الکتریکی

گاهی فقط يك عقربه دقیقه شمار در آن دیده میشود: (شکل ۲۲) در ساعت دریائی هر بار که میل آن به وسیله يك الكترومان جذب می شود، يك دنده چرخ حرکت کرده و صدائی که زنگ ساعت است به گوش میرسد.

اخیراً ساعت هائی ساخته اند، که مانند سینما وقت را اعلام میدارد و ساعت دقیق را به زبان های مختلف میگوید.

امروزه دستگاهها و مؤسساتی وجود دارند که وقت دقیق را تعیین و نگهداری کرده و به صورت های مختلف در اختیار جهانیان قرار می دهند .

مسأله زمانسنجی که روزی از بفرنج ترین مسائل بوده است حل شده ، و کار مسافران زمینی و هوایی و دریائی را آسان کرده، و عمل نقشه کشی و کارهای جغرافیائی را بسیار سهل نموده است .

## چگونه ساعت را میزان میکنند

### دستگاه تنظیم وقت

از صنایع پیشرفته صنعت ساعتسازی است، به این دلیل انواع ساعت‌ها ساخته شده و به وجود آمده است .

میزان کردن ساعت‌ها با در نظر گرفتن ساختمان مختلف آنها یکی از مسائل مهم است .

اغلب وقتی رادیو زمان دقیق را اعلام میکند فوراً ساعت خود را با آن برابر کرده و باین ترتیب ساعت را میزان میکنند . این میزان کردن برای مدت کوتاهی بوده و بلافاصله در سرویس دیگری که رادیو وقت را اعلام میدارد ناگزیریم بازعقب به ساعت را به جلو یا عقب بگردانیم و به طور دقیق آن را روی نمره وقت اعلام شده قرار دهیم .

با اینکار هیچگاه از اشتباه ساعت جلوگیری نشده ، و چه بسیار پیش می‌آید که اینکار موجب خراب شدن ساعت میگردد . ساده‌ترین وسیله برای میزان کردن ساعت استفاده از روش ساده کنترل و میزان کردن آن است .

برای اینکار از دستگاهی بنام دستگاه تنظیم ساعتها استفاده میشود .

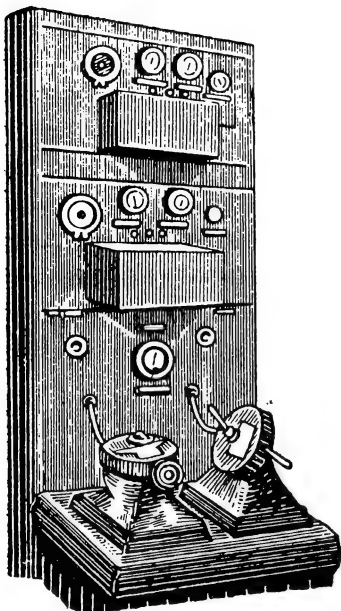
یعنی ساعتی را که میخواهند میزان کنند ، از نظر صدا و ضربه ها و کندی و تندى ، با ساعت دقیقى مقایسه مى نمایند . ساختمان دستگاه تنظیم ساعتها یا کنترل آنها ، از يك ساعت نمونه و يك بلندگو تشکیل شده است .

ساعت، درون دستگاه طوری تعبیه شده که صفحه داخل آن یعنی خزانه ساعت در کنار صفحه‌ای فلزی قرار دارد . این صفحه فلزی به اندازه صفحه‌ی روی خزانه است .

ایندو صفحه با یکدیگر تشکیل خازن برقی میدهند ،

خفیف ترین حرکت در خزانه ساعت بار الکتریکی خازن را تغییر میدهد .

این دستگاه به بلندگوئی سیم کشی شده و بدین طریق کمترین حرکت در خزانه ( ساختمان ساعت ) به ضربات زنگ مانندی تبدیل شده و بگوش میرسد .



شکل ۲۳ - دستگاه کنترل ساعتها بطریق سمعی

باین ترتیب کمترین تغییر و اختلاف



بین صدای ساعت مورد آزمایش و ساعت کنترل کاملاً مشخص می‌گردد.

میزان کردن تندی یا کندی ساعت مستقیماً از روی صفحه کنترلش تنظیم میشود. (شکل ۲۳)

چگونگی حرکت ساعت از فاصله بین دو صدای ساعت مورد آزمایش و ساعت کنترل فهمیده میشود.

## دستگاه کنترل ساعتها

در کارخانه‌جات ساعتسازی شوروی دستگاههای کنترل نیز ساخته میشود. (مطابق شکل ۲۴)

نوع دیگری از دستگاههای کنترل (۱) مرکب از يك گوشي، يك چکش برقی و يك دوشاخه برق است.

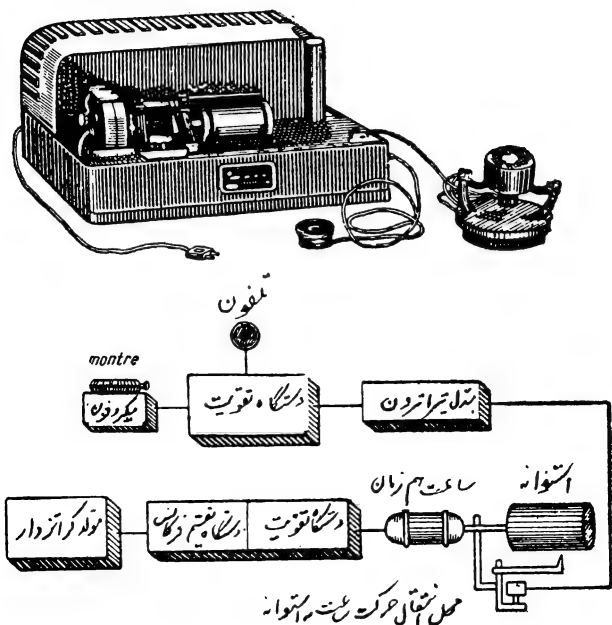
میزان کردن به وسیله این دستگاه عبارت از سنجیدن نوسان و یا صداهاى ساعت مورد آزمایش با نوسانات زیاد دستگاه مولدی که تشدید آن توسط ورقه کوارتز انجام می‌گردد.

به آسانی میتوان حرکت ساعت را به وسیله این دستگاه مورد بررسی قرار داد.

ساعت مورد آزمایش روی میکروفون گذاشته میشود. (شکل ۲۴)

در اینجا صدای ساعت از صورت مکانیکی به الکتریکی تبدیل می‌گردد.

دامنه نوسان این محرك ها کم است و باید دامنه نوسان با اندازه‌ای باشد که قابل ثبت گردد. یعنی باید جریانی ایجاد شود که دامنه نوسان آن روی استوانه ثبات منحنی‌های سینوسی باشد.



شکل ۲۴- دستگاه کنترل کار ساعت از نوع ( PP Tch - 4 )

a- شکل ظاهری دستگاه

b- طرح دستگاه

جریان الکتریکی با خارج شدن از میکروفون به توسط دستگاه تقویت به جریان شدیدتری تبدیل می شود .

تبدیل جریان ضعیف به جریانی شدیدتر با واسطه سادای انجام پذیر است .

به این وسیله جریانی که بدست می آید کاملاً قوی بوده و

شدت آن زیاد است و اگر آنرا ثبت کنیم منحنی سینوسی خواهیم داشت .

شدت چنین ساعتی ثبت شده و نگهداری می گردد .  
همه این اعمال توسط يك دستگاه مغناطیسی انجام می گردد  
که از يك الكتروامان و يك صفحه متراکم کننده برق تشکیل شده است .

زمانیکه برق وصل است جریان از بوبین الكتروامان میگذرد و در نتیجه صفحه فلزی جذب و دفع میشود .

نوك میله ای که روی صفحه فلزی تعبیه شده، در هر جریان روی کاغذ میلیمتری که به اطراف استوانه متحرك متصل است نقطه ای می گذرد .

سرعت استوانه ثبات کاملاً دقیق وثابت است .

از این آزمایش نتایج زیر بدست می آید :

يك دستگاه مخصوص ( مانند شكل ۲۴ ) میتواند شدت نوسان را به  $۷۲۰۰۰/۱$  در ثانیه برساند و ساختمان این تبدیل با يك تیغه کوارتزی تکمیل میشود .

به وسیله تقسیم کن های متعدد میتوان تعداد نوسانات را به ۶۰ بار در ثانیه رسانید .

موتوری با حرکت یکنواخت و سرعت ۱۸۰۰ دور در دقیقه می گردد، این شدت جریان نیز بوسیله يك موتور کوارتزدار ایجاد می گردد .

دور موتور ثابت بوده و باعث گردش استوانه ثبات می گردد .

دستگاهی سرعت آنرا به  $\frac{۱}{۴}$  سرعت موتور تبدیل می نماید یعنی استوانه در ثانیه ۵ دور چرخیده و به این ترتیب هر يك دور را در  $۰/۱۲$  ثانیه طی میکنند .

میدانیم ساعت نیز درست بفاصله ۲/۰ ثانیه باید بزنند.  
 هر دوری که استوانه ثبات میگردد، روی کاغذ میلیمتری  
 نقطه‌ای گذارده میشود.  
 دستگاه طوری تعبیه شده است که هنگام گردش استوانه  
 ثبات، دستگاهی هم بدنبال محور آن قرار گرفته به متابعت از استوانه  
 ثبات میگردد.  
 در دستگاه مذکور (۱) زنجیری قرار دارد که زنجیر تنظیم  
 ساعت ها نامیده میشود. تنظیم و کنترل ساعت به وسیله این قسمت  
 انجام میگیرد.  
 اگر ساعت جلو یا عقب کار نکند يك ردیف نقطه دنبال هم  
 و در يك راستاروی استوانه ثبت میشود.  
 اگر ساعت جلو یا عقب کار کند این خط نقطه چین منحنی  
 شکل خواهد بود، و از روی شکل منحنی در وضع ساعت قضاوت  
 می گردد.  
 مدت کنترل ساعت ها به كمك این دستگاه، هیچگاه از ۳۰  
 ثانیه تجاوز نمیکند.

## میکروسکوپ زمان

نوعی دستگاه نوری برای تنظیم ساعت بکار میرود که  
 میکروسکوپ زمان نامیده میشود.  
 اگر سرعت حرکت جسمی از حد معینی تجاوز کند،  
 بیحرکت به نظر میرسد. هرگاه تصویری با سرعت بیش از ۱۶ بار  
 در ثانیه حرکت کند ساکن به نظر میآید.

با استفاده از این خاصیت یکگردیف عکس را کنار هم گذاشته و با سرعت ۲۴ بار در ثانیه آنها را حرکت میدهند، تغییر مکان عکسها بنظر نمی آید.

در سینما نیز از این خاصیت استفاده شده است. در جریان متناوب که لامپها با سرعت ۱۰۰ مرتبه در ثانیه روشن و خاموش میشوند، به نظر انسان چراغ همیشه روشن است.

اگر قسمتی از صفحه دایره شکلی را سیاه نموده و آن را به وسیله دسته ای شعاع نورانی روشن و خاموش کنیم، در صورتیکه دفعات روشن و خاموش شدن؛ با دوران صفحه منطبق باشد صفحه بی حرکت به نظر میرسد. زیرا سرعت طوری تنظیم شده است که وقتی چراغ روشن میشود لکه سیاه در محل معینی به نظر میرسد.

مجدداً وقتی صفحه روش میگردد که لکه سیاه به محل فوق الذکر رسیده است. به این جهت فقط لکه سیاه در زمان روشنائی در محل مخصوص دیده شده و صفحه ساکن به نظر میرسد.

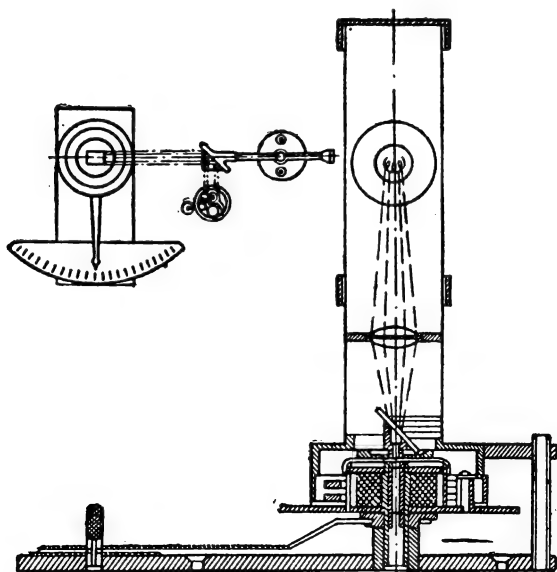
اگر سرعت صفحه دوار و چراغ بایکدیگر اختلاف داشته باشد صفحه در حال گردش به نظر میرسد.

هرگاه سرعت روشن و خاموش شدن درست دو برابر سرعت صفحه دوار باشد در یک لحظه دو لکه سیاه روی صفحه دیده میشود.

از این خاصیت در تعیین زاویه و حرکت اجسام دوار استفاده میگردد.

روش بالا نیز مانند بسیاری از روشهای نورانی دقیق و صحیح است.

دره بین زمان ( مطابق شکل ۲۵ ) از قسمت های زیر تشکیل شده است:



(شکل ۲۵) ذره بین زمان

يك آئینه و موتور کوچکی که دارای حرکت یکنواخت بوده و تحت تأثیر جریانی باشد معلوم قرار دارد .

آئینه يك شعاع نورانی برای بررسی حرکت ساعت روی لنگر آن میاندازد .

شدت دفعات روشن و خاموش شدن نور آئینه درست مطابق حرکت معمولی نوسان های صحیح است .

پس اگر ساعت درست کار کند ، حرکت لنگر بنظر نمی آید لیکن اگر بین حرکت لنگر ساعت و دفعات روشن و خاموش شدن ، اختلافی باشد ، بخصوص وقتی که دامنه نوسان لنگر کم

باشد تصویر آن میلرزد .

از روی تغییر مکان تصویر لنگر عقب یا جلو کار کردن ساعت را می‌شناسند . اگر سرعت یکی چند برابر دیگری باشد ، دو یا چند تصویر از لنگر ساعت دیده میشود .

کمترین تغییر لنگر که قابل درك باشد زاویه برابر ربع درجه است که از نظر زمان مساوی  $\frac{1}{5}$  ثانیه انحراف در روز است .

مرتب کردن ساعت با حرکت دادن عقربه تنظیم ساعت که در پشت خزانه آن تعبیه شده انجام میگردد . و مجدداً بكمك ذره بین زمان ساعت را مورد دقت قرار میدهند .

ساعت را میتوان آسان و در اسرع وقت منظم کرد .  
دستگاههای ثبت مخصوص برای کنترل حرکت ساعت و مشاهده تغییرات حرکت آن و تعیین اندازه انحراف آن و غیره تعبیه و ساخته شده است .

## واحدهای اندازه گیری و نمونه های واحد

اندازه گیری طول عبارت از مقایسه کمیته است با کمیت دیگر که از يك جنس باشد.

مثلاً وقتی میخواهند طول پارچه ای را حساب کنند؛ معمولاً آنرا با طول مقدار معینی از همان پارچه که متر نامیده میشود مقایسه میکنند و میگویند که چند برابر واحد انتخاب شده است.

طول عمر آدمی را نسبت به طول قسمتی از زمان که سال خوانده میشود میسنجند تا کنول ملل مختلف واحدهای متفاوتی برای درازا انتخاب کرده اند به عنوان مثال چند نمونه زیر را میتوان ذکر کرد .

(يك تیر رس) مسافتی است که تیر کمان طی می کند.  
(يك منزل) راهی که از طلوع آفتاب تا غروب طی میشود .  
ذرع معادل يك متر و چهار صدم متر.  
آرشین (ذرع ترکی) و پا و غیره .

با علم به اینکه واحدها همه از یک جنس نیستند و شرائط کمیت آنها یکسان نیست؛ تبدیل آنها بیکدیگر نمیتواند کار آسانی باشد .



مثلاً واحد طول در انگلستان پا (۱) است که مأخذ آن دیوار معینی از موزه معروف انگلیس به نام هتل دومونه (۲) بوده که بر اثر آتش سوزی از بین رفته است. و دیگر نمیتوانند آنرا به طور دقیق بسنجند.

این نوع واحدها ایجاد اشکال کرده و در علوم و صنایع بصورت های غیر قابل قبولی در می آیند.

ایجاد واحدهائی که معیار و منشاء صحیح داشته باشند همیشه مورد توجه دانشمندان است و مخصوصاً سعی کرده اند واحدها بر حسب ابعاد زمین و یا حرکت آن تعیین شود. چنانکه واحد طول را متر قرار داده اند و آن  $\frac{1}{39,370,095}$  نصف النهاری است که از پاریس میگذرد، و واحد وزن کیلوگرم انتخاب شده که برابر وزن يك دسی متر مکعب آب مقطر در ارتفاع هم سطح دریا و در عرض منطقه معتدله و درجه حرارت معمولی است. بالاخره واحد زمان ثانیه قرار داده شده که مساوی

$\frac{1}{86,400}$  شبانه روز خورشیدی در منطقه معتدله است.

پس واحد زمان مربوط به حرکت زمین میباشد؛ و مبنای ساعت هائی که بر حسب واحد بین المللی تنظیم شده کاملاً اساس طبیعی دارند؛ زیرا بر دو مبنای زمین و خورشید ساخته شده اند.

یکبار گردش زمین به دور خورشید یکسال شمسی نامیده میشود شبانه روز خورشیدی به مدت زمانی گفته میشود که در آن فاصله دودفعه خورشید در اوج آسمان باشد.

از روی تغییر مکان ظاهری خورشید میتوان ساعت را تعیین کرد.

متأسفانه استفاده از حرکت زمین به دور خورشید برای محاسبه دقیق زمان با اشکالات فراوانی مواجه میشود. زیرا مدار گردش زمین به دور خورشید دایره نبوده و تقریباً بیضی است. و محور زمین (محور حرکت وضعی) نسبت به این سطح مدار مایل است.

حرکت زمین به دور خورشید یکنواخت صورت نمی گیرد. موقعی که زمین به خورشید نزدیکتر میشود حرکت سریعتر؛ و بهمان نسبت زمانی که از خورشید دورتر است حرکت کندتر دارد. به این طریق در جریان سال طول روز به طور ثابتی زیاد میشود. و فقط يك صفحه ساعت آفتابی میتواند وضع روز را با دقت معین کند.

هیچ ساعت مکانیکی نمیتواند این تغییر و تحول پیچیده را که هیچگاه یکنواخت نیست نشان دهد.

راه حلی که برای این مسأله پیدا شده اینست که برای محاسبه زمان روز متوسط را حساب کنند و به جای روز خورشیدی قرار دهند.

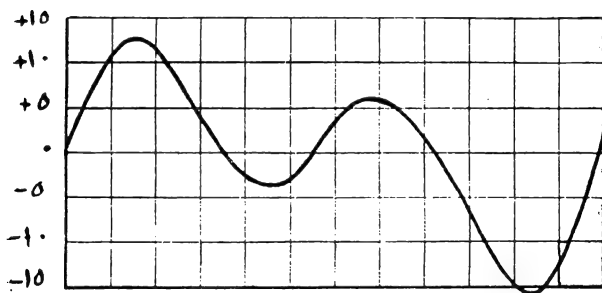
روز خورشیدی با تغییر فصول متغیر است و حال آنکه روز متوسط میتواند برای تمام سال ثابت باشد.

در واقع روز متوسط عبارت از طول روزی است که از تقسیم تمام ساعات سال بر تعداد روزها بدست آمده است.

از نظر نجومی معادله زمان را طوری ترتیب میدهند که در هر لحظه با قراردادن ضریب های معینی در آن میتوانند روز خورشیدی را حساب کنند و در این معادله ساده جبری از روی روز متوسط؛ روز خورشیدی محاسبه میشود.

در واقع معادله زمان معادله منحنی مخصوصی است.  
(شکل ۲۶)

دسامبر نوامبر اکتبر سپتامبر اگست ژوئیه ژوئن مه آوریل مارس فوریه ژانویه



(شکل ۲۶) منحنی معادله زمان

طبق این منحنی زمان دارای نقاط ماکزیمم اصلاحی  $+14/5$  دقیقه می باشد که به اواسط ماههای فوریه است. در این منحنی نقطه مینیممی که منفی نشان داده میشود  $16/3 -$  دقیقه و مصادف با اوائل ماه نوامبر است.

در هر سال چهار مرتبه یعنی ۱۵ آوریل، ۱۴ ژوئن، اول سپتامبر و ۲۴ دسامبر منحنی زمان درست با روز متوسط تطبیق دارد؛ یعنی نه چیزی از آن کاسته شده و نه چیزی به آن اضافه میگردد.

واحد زمان ثانیه است که برابر  $\frac{1}{86400}$  روز متوسط خورشیدی است.

همانطوریکه در سیستم MKS واحد وزن کیلوگرم و واحد طول متر است واحد زمان نیز ثانیه می باشد.

اگر سیستم دیگری مانند CGS را در نظر بگیریم که در آن واحد طول سانتیمتر واحد جرم گرم است باز هم واحد زمان ثانیه می باشد.

این واحدها مورد قبول همه بوده و در بیشتر ممالك مورد پذیرش و عمل قرار گرفته است.

باوجود این بعد از اولین اندازه گیری نصف النهار ناچار شدند در واحد زمان هم تجدید نظر کنند.

این اصلاح پس از اصلاحاتی که در واحد طول صورت گرفت و متر قانونی؛ و در واحد وزن کیلو گرم قانونی به وجود آورد انجام یافت.

و بدینست در آینده باز هم این اصلاحات تجدید گردد.  
بنابر آخرین اندازه گیری ها تاکنون واحدهای درازا و وزن تغییر نکرده و تصمیم دارند آنها را نیز مانند سایر واحدها که قبلاً ساخته اند بسازند.

واحدهای قانونی نظیر متر و کیلو گرم از آلیاژ پلاتین و واریدیوم ساخته شده اند. و درجه ای که همیشه درجه حرارت آن ثابت است نگهداری شده و هیچگونه تغییر نمیکند.

گرچه نمیتوان گفت وزن این واحدها بی تغییر است؛ لیکن با اینکه در حدود صد سال از تاریخ نگهداری آنها میگذرد تغییر وزن بقدری کم بوده که میتوان از آن صرف نظر کرد.  
هر گاه واحد زمان به میان میآید؛ به صورت مشکل تازه ای دیده میشود.

ساعت های آفتابی و شمعی، حتی آونگ ها و ساعت های که در ساختمان آنها از سنگهای کوآرتز و جریانه های برق استفاده شده نمیتوانند واحد زمان را آنطور که هست نشان دهند.  
قوانین و قرار دادهای تعیین زمان نیز صد درصد ثابت نمی مانند.

واحد زمان نسبت به واحدهای دیگر کاملاً جدید است.  
و محاسبه زمان بر مبنای زمین - خورشید قدیمی تر از سایر سیستم ها است.

استفاده از واحد زمان بر حسب گردش وضعی زمین هم در موارد زیادی دارای اشکال است. یعنی با وجودیکه تاکنون ثابت شده که حرکت زمین در مدار انتقالی یکنواخت نیست، باز طول روز برای مدارات مختلف زمین یکسان نمیباشد.

اگر ماه مبنای تقسیمبندی قرار گیرد اشکال دیگری پیدا میشود؛ زیرا مطابق مشاهدات نجومی حرکت ماه هم بی نظمی های فراوان دارد و سایر ستارگان هم در تعیین سرنوشت زمان برای زمین نمیتوانند چندان مستند و دقیق باشند.

پس باید علت کلیه اختلافات را در خود زمین جستجو کرد نه در ماه یا ستارگان دیگر، زیرا حرکات آنها نمیتواند برای حرکت زمین ملاک و مأخذ باشند. یعنی تغییر سرعت زمین را ما تغییر سرعت های کیهانی تصور میکنیم.

اکنون نظریه (سرعت زاویه ای گردش زمین به دور خودش ثابت است) رد شده است. و متوجه شده اند که برای حل مسائل مشکل علمی و فنی باید زمان و تقسیمبندی آن صحیح باشد.

برای این کار پیشنهاد شد، ساعتی بسازند که به طور يك نواخت و بی توجه به گردش افلاك بتواند زمان را محاسبه کند و یا لااقل برای ده ها یا صدها سال کافی باشد و به آن وسیله بتوانند تغییرات غیر عادی زمین را از نظر تندی یا کندی حرکت تشخیص داده و محاسبه نمایند.

متأسفانه تا این اواخر هیچگونه وسیله ای جزمه ان واحد زمان که در تقسیمبندی حرکات وضعی و انتقالی زمین حاصل میشود برای محاسبه زمان در دست نیست چون گردش زمین مستقل و مشخص نیست و طول مدت حرکت آن همواره ثابت نمی ماند؛ لذا در جستجوی تهیه وسائلی هستند که راه صحیح تری در محاسبه و تقسیم زمان نشان دهد.

در فصول آینده این مطلب را دنبال خواهیم کرد.

## ساعت اتمی

### ((معیارهای اتمی))

دیر زمانی است که در صنعت از نیروی اتم استفاده میشود و مدتی است که این نیرو در صنعت اندازه گیریها نیز بکار میرود .

وقتی که کارخانه های بزرگ وسائلی از قبیل اتومبیل و ساعت و غیره میسازند؛ این تصویرپیش می آید که چون اساس ساختمان این ماشین ها یکی است؛ همه آنها مثل هم میباشند. و حال آنکه این تصور درست نیست .

بین هزاران وسیله که از يك سری ساخته میشوند اندك اختلافی موجود است. در میان میلیونها ساعتی که به وسیله کارخانه ساخته میشوند هرگز دو ساعت از هر لحاظ شبیه هم نیستند و حال آنکه همه آنها از يك سری و يك سیستم بوده و از يك نوع فلز ساخته شده اند. بنابراین تنظیم هریك از آنها باید به طور جداگانه صورت گیرد .

می توان گفت مواد اولیه صنعتی نیز هرگز نمی توانند کاملاً

يك جنس و از يك نوع باشند.

و حال آنكه دردنيای ذره ای هماهنگی و يكنواختی خاصی حكومت ميكند. در حال عادی؛ در ساختمان اساسی يك اتم معين هيچگاه نمی توان دوالكترون و يادوپروتون اضافی يافت.

هر اتم با عده معينی الكترون و نوترون مشخص ميشود كه همواره هماهنگ بوده و ساختمان يكنواخت دارد.

مولكول از اجتماع چند اتم كه قطعاً شبيه هم هستند تشكيل شده زيرا اضافی ساختمان اتمی آنها همانند است.

اگر بخواهيم باثبات ترين نوسانات و حرركات موجی را با سيستم ميكروسكوپی اتم ها يا مولكول ها مقايسه كنيم دچار وحشت ميشويم. زيرا اختلاف آنها فوق العاده زياد است.

اگر ساعت بسيار دقيقی را از شهری به شهر ديگر مثلاً از مسكوبه تا شكند ببريم بدون اينكه كمترين تغييری در ساختمان آن داده باشيم، علاوه بر اينكه در وزن و طول و اندازه عقربه ها اختلاف پيش مي آيد بلكه اين ساعت از نظر حركت دچار چند دقيقه اشتباه در شبانه روز خواهد شد. ليكن اختلاف حركت يا گردش الكترونهاي ذرات يك جنس در شهری با شهر ديگر بسيار بسيار ناچيز خواهد بود.

با تغيير آب و هوا يا اوضاع ناحيه ای اختلاف های زيادی ايجاد ميشود.

مثلاً وزن مخصوص آب در ستاره مصاحب شعراي يفانی (۱) ۳۰/۰۰۰ مرتبه زيادتر شده و وزن در آنجا ۱۰۰۰ مرتبه نسبت به خورشيد و ۳۰۰۰۰ مرتبه نسبت به زمين افزايش مي يابد و تغييرات شدت نوسانات مولكولی آشكار ميگردد.

آونگی که یکبار در دقیقه میزند در مصاحب شعرا ۱۴۰ مرتبه نوسان می‌کند.

شدت نوسانات مولکولی آمونیاک به اندازه ده هزارم در این سیاره تغییر می‌نماید.  
سیستم اتمی نسبت به مقیاسات دیگر ممتاز و حائز کمال اهمیت است.

در مقیاسات اتمی، طول موج قرمز را در طیف شمسی اتم کادمیوم واحد مقیاس قرار داده‌اند؛ در نتیجه آزمایش‌ها و تجربیات فراوان طول این موج برابر  $۶۹۶۴۳۸/۴$  انگستروم که معادل  $۰/۰۰۰۶۹۶۴۳۸$  میلیمتر است بدست آورده‌اند.

در یک شورای بین‌المللی تصمیم گرفته شد که در واحدهای معمولی تغییری داده نشود. لیکن در اندازه‌گیریهای فوق‌العاده دقیق از این واحد استفاده گردد.

پس به این وسیله برای اندازه‌گیری طول موج واحدی پیدا شد که هیچگونه ارتباطی با زمین نداشته و اساس آن بر حسب ساختمان اتمی عنصر تنظیم شده است.

استفاده از نوسانات اتمی در محاسبه زمان، یعنی تبدیل آنها به سیستم‌های مکانیکی که امروزه از وسائل اندازه‌گیری زمان هستند، فوق‌العاده دشوار است.

زیرا در یک مولکول نوسانات اتمی بسیار کوتاه؛ لیکن کاملاً منظم است پس استفاده از این سیستم (سیستم مولکولی) می‌تواند محاسبه زمان را بر مبنای صحیحی قرار دهد.

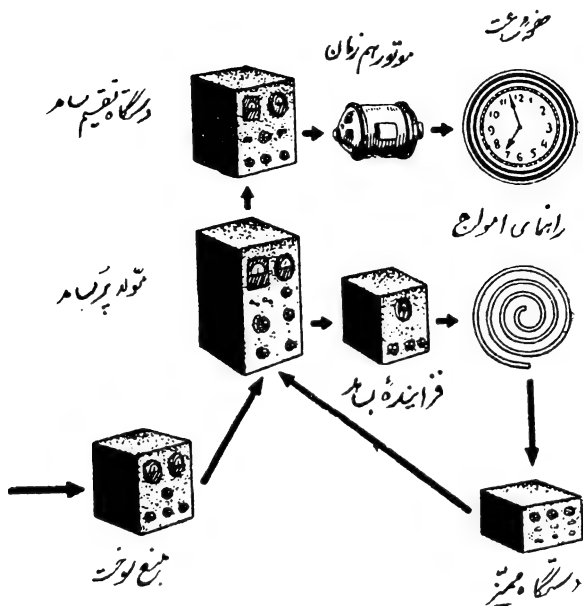
با استفاده از این روش ساعتی به نام ساعت اتمی اختراع شد.



## ساخته‌مان ساعت اتمی

ساعت اتمی از قسمت‌های زیر تشکیل شده است :

مولدی که به کمک یک ورقه از کوارتز دارای شدت بسیار است، دستگاهی که شدت را افزایش می‌دهد، و یک لوله مسی مارپیچ بطول ۱۰ متر که محتوی بخار آمونیاک است، و یک دستگاه ممیز (همواره اشتباه دستگاه و جریان را نشان می‌دهد) دستگاه تقسیم‌کن شدت جریان و یک ساعت الکتریکی که حرکت عقربه‌هایش به وسیله موتوری یکنواخت می‌گردد. (مطابق شکل ۲۷).



شکل ۲۷ - طرح ساعت اتمی

در ساعت‌های آونگدار معمولاً شدت نوسان کم؛ (يك تا دو بار در ثانیه) و چنین دستگاهی قادر نیست که اختلاف موتور یا بی نظمی مکانیکی ساعت را نشان دهد. لیکن هر يك از این اختلافات در حرکت آونگ مؤثر بوده و وسیله‌ای که اثر آنها را مستهلك کند وجود نداشت. در نتیجه خواه ناخواه عقربه کمی کند یا تند حرکت میکرد. در ساعت اتمی کار آونگ (که در واقع تنظیم کننده حرکات ساعت است) بعهده مولکول‌های آمونیاك میباشد.

در این ساعت نوسان ملکول‌های آمونیاك بوسیله جریان الکتریکی انجام میگردد.

جریانی که توسط مولد با بسامد (فرکانس) زیاد ایجاد میشود، پس از اینکه موتور حداکثر جریان را پیدا نمود و حرکت تند و شدید و در عین حال دور ثابت داشت نقش ورقه کوارتز ظاهر میشود زیرا باید این جریان را به طور کاملی تثبیت کند. مسلم است که ورقه کوارتز پیزوالکتریک هیچگاه نمیتواند به شدت ملکول‌های آمونیاك نوسان ایجاد کند، لیکن وجود مولد الکتریکی که حد اکثر شدت را دارا است در این بین به ورقه کوارتز كمك می نماید. در چنین دستگاهی شدت مولد چند صد هزار دور در ثانیه است. (۲۰۰/۰۰۰ تا ۳۰۰/۰۰۰ موج) بالاخره به كمك دستگاه تقویت کننده دیگری شدت جریان فوق العاده میشود یعنی در حدود ۲۴ میلیارد در ثانیه میگردد. این جریان به طرف لوله مملو از آمونیاك میرود. در واقع اساسی ترین قسمت ساعت اتمی لوله ۱۰ متری آمونیاك است. زیرا این جریان متناوب الکتریکی باید از مسیر آمونیاکی عبور کند، یعنی لوله آمونیاکی محل عبور انرژی فوق العاده است.

آمونیاك دارای خاصیت هدایت الکتریکی است ولی انتشار

جریان با شدت زیاد در تمام سطح آن نمی‌تواند صورت گیرد؛ در صورتیکه جریان برق با شدت کم در تمام سطح آن انتشار می‌یابد.

چون سطح مقطع‌های بزرگ و طول موج‌های الکتریکی بسیار کوچک‌اند لذا اتلاف انرژی در طول هادی کم می‌شود. در صنعت که جریان متناوب با شدت ۵۰ تناب در ثانیه است، برای اینکه دز عبور جریان از سطح بیشتر استفاده کرده و صرف انرژی کاهش یابد از سیم‌های توپر استفاده می‌کنند.

وقتی جریان متناوبی با شدت زیاد از هادی عبور کند نتیجه فعل و انفعال اختصاصی روی می‌دهد، زیرا جریان به‌طوریکه نخواخت در تمام سطح مقطع پخش نشده بلکه فقط از سطح روئی آن عبور می‌نماید (عمل غشائی) پس در این موارد اگر داخل سیم هم از مواد هادی باشد بی‌فایده است زیرا قسمت سطحی خود نقش هدایت را به نحو احسن انجام می‌دهد. به این جهت در ساختمان سیم‌پیچ‌های بوبین رادیو از سیم‌های توخالی استفاده شده است.

برای انتقال جریان با شدت بسیار زیاد (در سلسله متری یا سانتیمتری) بجای رشته‌ای که از یک جفت سیم توخالی تشکیل شده باشد؛ کافی است فقط یک سیم توخالی که در داخل آن رشته‌ای تعبیه شده است بکار برده شود، یکی از این سیم‌ها نقش بردن جریان و دیگری آوردن آن را به عهده خواهند داشت. و بین آنها نیز انرژی مغناطیسی ایجاد می‌گردد.

در جریان‌هایی که موج کوتاه دارند نمی‌توان از این نوع سیم استفاده کرد. زیرا انرژی از دست رفته زیاد خواهد شد. معمولاً در این موارد دستگاهی به نام (نگهدارنده امواج) بکار برده می‌شود که عبارت از لوله‌ای توخالی که جریان را به‌طور قائم‌منش می‌کند به این طریق نیروی مغناطیسی ایجاد شده و مصرف انرژی در طول

حط به حد اقل میرسد .

حال اگر این لوله از بخار آمونیاك پر شده باشد ( مورد استفاده این دستگاه در ساعت اتمی ) امواج در آن منتشر میگردند و موجب تموج مولکولهای آمونیاك نیز میشوند .

انتشار این امواج در آمونیاك به حد اکثر می رسد و امواج آمونیاك با امواج جریان متناوب موتور که در جدار لوله جریان دارد برخورد می نمایند و جذب انرژی این دستگاه زیاد میشود . و در نتیجه ارتعاش به حد اکثر میرسد .

برای تنظیم و تثبیت جریان برق دستگاه تثبیت کننده مورد استفاده قرار می گیرد . این تثبیت کننده از جنس کوارتز بوده و در مدت زمانی که عمل ثبت ادامه دارد خاصیت های الکتریکی تغییر میکند .

به عکس خاصیت انتشار ، مولکول های آمونیاك عوض نمیشود باین علت نوسانات آنها ادامه مییابد . این دستگاه تنظیم کننده را برای اطمینان از اعمال مشابه آنها قرار میدهند .

به محض اینکه موج های حاصل از نیروی مغناطیسی با امواج ناشی از مولد یعنی امواجی که از حرکت ملکول های آمونیاك حاصل میشوند اختلاف پیدا کردند ، دستگاه ممیز اشتباه را نشان می دهد .

سپس به وسیله دستگاه علامتی به مولد فرستاده میشود که حرکت آنرا تند یا کند کند یعنی امواج را منظم می نماید تا با امواج ناشی از حرکت ملکول های آمونیاك تطبیق داشته باشد .

در این روش شدت مولد که متناسب زمان است وابستگی به شدت نوسانات مولکول های آمونیاك دارد .

تغییر مکان عقربه در این ساعت ( ساعت اتمی ) با دستگاههای واسطه ای صورت میگیرد که از چند تقسیمکن تشکیل شده و طی

چندین مرحله شدت را کاسته به ۳۰۰ تا ۱۰۰۰ دور در ثانیه می‌رسانند.

این جریان که شدت کمتری دارد وسیله گرداندن توربینی می‌شود که به عقربه‌ها حرکات کاملاً متشابه می‌دهد.

ساعت های اتمی همه دارای حرکات یکنواخت می‌باشند، زیرا ساختمان مولکولی آمونیاک در همه جا یکی است و هیچگاه اتلاف نداشته و عوامل محیطی نیز بر آن مؤثر نیستند.

تحقیقاتی که در شوروی در زمینه پیشرفت ساعت های اتمی صورت گرفته اهمیت کار این ساعت را به ثبوت رسانیده است. و به وسیله آن توانسته‌اند زمانی مساوی چند میلیونیم ثانیه را نیز ضبط کنند.

لذا این ساعت را برای نگهداری زمان حدفاصل دو رؤیت به خوبی بکار می‌برند. لیکن هنوز نتوانسته‌اند ساختمان آنرا کوچک و محدود سازند.

اهمیت این ساعت وقتی بیشتر می‌شود که بتواند مستقلاً بدون در نظر گرفتن رؤیت های نجومی در محاسبه زمان به کار آید.

ساعت های اتمی از نظر نوسانات به مراتب دقیق تر و منظم تر از آونگ های ساعت های نجومی و یا نوسانات کوارتز در سیستم های زمین و خورشید می‌باشند.

به این وسیله میتوان چرخش زمین را به دور خود (حرکت وضعی) دقیقاً محاسبه کرد و علت بی نظمی این گردش را معلوم داشت.

این برای علم امروز مطلب جالب و تازه ای خواهد بود.

واحدی برای سنجش زمانهای کوتاه

دریکهزارم ثانیه چه کاری می توان

انجام داد ؟

دقت در اندازه گیری های صدم یا هزارم ثانیه در بدو امر بیهوده بنظر میرسد. زیرا این سؤال پیش می آید که در این مدت کوتاه چه کاری می توان انجام داد و اگر در این زمان کوتاه نمی توان کاری انجام داد، پس چگونه می توان مدت را اندازه گرفت؟

حتی وقتی که برای روشن کردن يك سیگار صرف می شود از چند صدم ثانیه تجاوز می کند با همه اینها اندازه گیری زمانهای بسیار کوتاه امکان داشته و بسیار قابل اهمیت است.

لحظه توفیق يك قهرمان خیلی کوچکتر از ثانیه بوده و در مسابقات يك ثانیه وقت کمی نیست.

يك دونه در مدت يك ثانیه بین ۵ تا ۱۰ متر راه طی میکند و این رقم برای ثانیه كوچك نیست .

یعنی دونه در هر چند صدم ثانیه يك قدم بر می دارد. بیشتر

پیروزی‌ها با چند قدم حاصل می‌شود.

یعنی سر نوشت يك مسابقه به‌صدم ثانیه‌ها وابسته است .  
يك دونه قهرمان ماهها بلکه سالها زحمت می‌کشد تا  
فاصله معینی را فقط چندصدم ثانیه زودتر طی کند .

وسائل موتوری مخصوصاً هواپیما و مته های الکتریکی  
بیش از چند هزار دور در دقیقه می‌زنند در هر دور موتور کارهای  
مختلف و پیچیده‌ای صورت می‌گیرد که برای بهبود و افزایش کار  
موتور لازم است آنها را بشناسیم .

مثلاً در مدت بین دو حرکت محور موتور چهار گاه کار-  
هائی به شرح زیر انجام می‌گیرد:

تنفس ، تراکم ، انفجار و تخلیه .

برای ایجاد فشار باید قطعات مختلف مکانیکی تغییرات  
زیادی بکنند و همه این تغییرات در چندصدم ثانیه انجام می‌گیرد .  
در مورد موتورهای بادور باز (موتور با احتراق داخلی)  
می‌توان توپ را مثال آورد. علت اینکه موتورها را با دور باز  
می‌نامند ، این است که کار فقط یکبار انجام می‌گیرد ، یعنی عمل  
ایجاد فشار و حرکت تکرار نمی‌شود .

مطالعه حرکت گلوله های سربی در داخل و خارج گلوله  
توپ برای متخصصین که می‌خواهند قدرت آنها را افزایش دهند  
فوق العاده مفید است .

بنابر این باید کارهائی مطالعه شوند که فقط در چند هزارم  
ثانیه انجام می‌گیرند. پس دستگاه اندازه گیری باید به مراتب سریعتر  
عمل کند تا بتواند عملیاتی را که در چند هزارم ثانیه رخ می‌دهد  
ثبت نماید .

غیر از عبور گلوله از دهانه توپ ؛ کار های دیگری هم

وجود دارد که انجامشان در چند هزارم ثانیه بلکه کمتر صورت می گیرد .

نمونه کاملی این نوع حرکات سریع ، حرکت توربین و دوران ملخ هواپیما و یا حرکات قسمتهای مختلف يك ماشین برقی و غیره است.

امروز برای اندازه گیری زمانهای کوتاه و سرعت اجسامی که سرعت فوق العاده دارند و وسائل و روش های خاصی بکار می برند .

## زماننگار جرعه ای

زمانسنج های معمولی می توانند تا یکدهم ثانیه را محاسبه نمایند؛ زمانسنج الکتریکی عقربه دار که حرکت قطعات گردنده آن به وسیله موتور صورت می گیرد، می تواند تا یکصدم ثانیه را نشان بدهد .

مطالعه های زیاد به کمک دستگاههای مکانیکی به سبب وجود انرسی اجسام (۱) دچار اشکال می گردد. زیرا برای به حرکت آوردن یا تغییر جهت حرکت ، باید نیروی زیادی بکار انداخت قطعاتی که وزن آنها از چند دهم گرم تجاوز نمی کند برای اندازه گرفتن هزارم ثانیه ها سنگین بوده و انرسی آنها نیز زیاد است .

به این دلیل دستگاههای اندازه گیری که از عقربه ها و چرخ دنده ها تشکیل شده اند ، هر چه ظریف و نازک ساخته شوند ، باز به کار اندازه گیری کمتر از صدم ثانیه نمی آیند.



معمولاً برای اندازه گیریهای دقیق تر ، وسائل الکترو - مکانیک زماننگار جرقه‌ای که بیشتر مورد استفاده توپخانه و اندازه گیری سرعت گلوله‌ها است به کار می‌برند .

برای توپچی لازم است که بدانند سرعت گلوله‌ها و انفجار توپ چقدر است .

برای حل این مسأله کافی است که زمان عبور گلوله را از دو نقطه معین حساب کند . برای تعیین سرعت گلوله دو چیز باید مورد توجه باشد .

۱- علامتی که عبور گلوله را از دو نقطه معین نشان دهد

۲- محاسبه زمان بین دو علامت .

برای حل قسمت اول مسأله باید در نقاط ابتدائی و انتهائی مسافت‌هایی که بهتر است از چند متر تجاوز نکنند دستگاهائی تعبیه کرد که لحظه عبور گلوله را از دو نقطه نشان دهند .

برای اینکار وسائل مختلفی وجود دارد که ممکن است الکتریکی ، مکانیکی ، سمعی ویا نورانی باشد .

۱- دستگاه گیرنده الکتریکی سولنوئید (۱) از بوبینی با قطر زیاد و رشته‌های فلزی که به جریان برق مربوطند تشکیل شده است .

وقتی که گلوله سربی از داخل بوبین می‌گذرد (مثل اینست که يك قطعه آهن را در يك لحظه از داخل پیچه عبور داده باشیم) وضع جریان در آن تغییر میکند .

این تغییر وضع عبارت از تغییر شدت جریان و اختلاف پتانسیل است که می‌تواند برای عبور گلوله علامت مشخصی باشند .

## ۲- گیرنده الکتریکی باصفحه پامبرگ (۱)

در ابتدا و انتهای فاصله‌ای که گلوله طی میکند، چارچوب‌هایی که به وسیله رشته‌های فلزی پوشیده شده‌اند قرار می‌دهند. این رشته‌ها بطور موازی یا زیگزآگ در چارچوب قرار داشته و اغلب جنس آنها را از قلع انتخاب می‌کنند. این چارچوب مشبك صفحه پامبرگ خوانده می‌شود. سیم‌های آن که دارای جریان الکتریکی است به دستگاه سنجش مربوط می‌باشد :

وقتی گلوله از داخل چارچوب عبور می‌کند رشته‌ای پاره می‌شود و علامت قطع در دستگاه سنجش نمودار می‌گردد. وقتی گلوله از چارچوب دیگر که در انتهای فاصله معین شده قرار دارد می‌گذرد، مجدداً علامت قطع جریان در دستگاه سنجش معلوم می‌گردد.

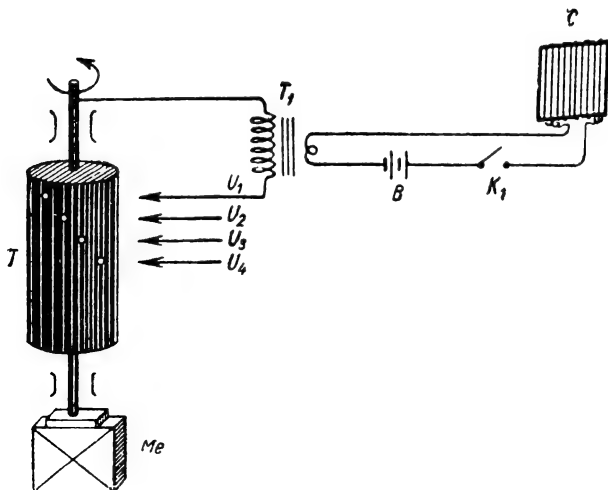
## ۳- گیرنده های الکتریکی سمعی (۲)

برای گرفتن علامات گلوله گاهی از وسائل سمعی الکتریکی یا دوربین‌های مخصوص استفاده می‌شود. پس از اخذ علامات لازم باید فاصله زمان بین آن دو علامت را معین کرد.

معمولاً سرعت گلوله‌ها بین ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ متر در ثانیه است. اگرچه فاصله‌ای که برای تعیین سرعت قرار می‌گذارند از یک تا دو متر تجاوز نمی‌کند و زمان هم از چند هزارم ثانیه بیشتر نیست.

اگر دقت تا یک صدم باشد، باید دستگاه بتواند تا چند صد هزارم ثانیه را اندازه بگیرد.

زماننگار جرقه‌ای ( مطابق شکل ۲۸ ) از قسمت‌های زیر تشکیل شده است :



( شکل ۲۸ ) زماننگار جرقه‌ای

استوانه فلزی  $T$  ( صاف و یکنواخت و پوشیده از ورقه نازک دوده بوده و سرعت فوق‌العاده دارد ) که يك الكترود جریان محسوب میشود و الكترود دیگر يك رشته سیم نوك تیز است که بشکل پیکان (  $u_1$  ) و نزدیک استوانه  $T$  قرار دارد .

این استوانه و پیکان  $u_1$  در مسیر جریانی قرار دارند که از مبدل افزاینده  $T_1$  می‌آید . مبدل  $T_1$  در فاصله بین انفجار به دستگاه مربوط نیست .

جریان اول مبدل شامل يك مولد (  $B$  ) و يك چار چوب

(که بوسیله رشته‌های فلزی واغلب با رشته‌های باریک قلع سیم کشی شده است) میباشد.

اگر یکی از رشته‌های چارچوب قطع گردد جریان در پیچه اول مبدل قطع میشود.

در نتیجه، در پیچه دوم مبدل جریان شدیدی با دوره تناوب زیاد ایجاد شده و بین پیکان ۱۱ و استوانه تخلیه صورت میگیرد این جرقه نقطه‌ای از صفحه استوانه را ازدوده پاک کرده و بصورت لکه سفید درخشانی باقی میگذارد.

زمانتکار جرقه‌ای شامل دوچار چوب است که هر کدام دارای مولد و سیم پیچ جداگانه‌ای هستند. و پیکانهای فلزی آنها هم که با استوانه باید عمل تخلیه انجام دهند جدا میباشند. و تنها در استوانه مشترك هستند. وقتی تیر خالی شد در مدت کوتاهی از چارچوب اولی گذشته و به چارچوب دوم میرسد.

در نتیجه روی استوانه دوار دوبار تخلیه صورت گرفته و دولکه سفید بجا میماند.

فاصله این دولکه نمودار زمانی است که گلوله سربی از چارچوب اول به دوم رسیده است.

در زمانتکارهای جرقه‌ای کامل، معمولاً چندین چارچوب با پیکانهای متعدد تعبیه کرده اند که هر کدام بجریان الکتریکی مستقلی مربوط میباشند. لیکن همه آنها در استوانه دوار مشترك هستند. باین ترتیب سرعت گلوله نه تنها در وهله اول مشخص میشود، بلکه اختلاف سرعت آنها نیز در فواصل معین حساب میکنند.

در نمونه‌ای از زمانتکار جرقه‌ای، استوانه را به محور موتور وصل میکنند که سرعت آن بالغ بر ۱۶۰۰۰ دور در ثانیه است.

چنین دستگاهی معمولاً چهار جریان الکتریکی و چهار پیکان تخلیه جداگانه دارد .

در این استوانه هر میلتر فاصله بین دو لکه سفید نمودار یکصد هزارم ثانیه است و این حد حساسیت دستگاه میباشد . اساس زماننگار جرقه ای استوانه سنگین وزنی است که حرکت دورانی فوق العاده سریع دارد .

این سؤال پیش می آید که چرا در حرکات سریع ، انرسی اجسام متحرک سنگین وزن از اندازه گیری زمانهای کوتاه در دستگاههای زمانسنج عقربه دار جلوگیری میکند ، و حال آنکه در زماننگار این مانع را ایجاد نمی نماید ؟

علت آنرا به این صورت میتوان توجیه کرد :

که شروع کار زمانسنج ها باید با حرکت عقربه ها آغاز شده و پایان کار سنجش با توقف عقربه ها اعلام گردد . و حال آنکه در زماننگار جرقه ای عمل سنجش با آغاز حرکت استوانه شروع نمی شود ، بلکه استوانه با حرکت یکنواخت خود ادامه میدهد و هیچگاه لحظه شروع و ختم سنجش احتیاج به تغییر سرعت استوانه ندارد .

در اینجا انرسی استوانه مفید واقع میشود ، زیرا موجب ثابت ماندن سرعت آن میگردد .

اگر بخواهیم زمانهای کوچکتر را اندازه بگیریم باید بتوانیم به سرعت استوانه بیفزائیم و با این وسائل امکان چنین کاری مشکل است .

امروزه با اصول الکتریکی و الکترونی دستگاههای فراوانی ساخته شده که دارای سرعت فوق العاده میباشند .

## استفاده از بار الکتریکی خازنها

برای اندازه گیری زمان حرکت يك جسم دستگاه سنجش باید بمراتب سرعت بیشتری داشته باشد.

با وسائل برق و مکانیک نمیتوان بیش از هزارم ثانیه و در مراحل بسیار دقیق صدهزارم ثانیه فاصله زمانی را سنجید. پس برای اندازه گیری زمانهای کوتاها تر باید از وسائل برقی استفاده نمود زیرا سرعت علائم برقی از کلیه وسائل مکانیکی بیشتر است.

در دستگاهی که بر اساس جمع شدن بار الکتریکی کار میکنند به عوض حرکت سریع اجسام مکانیکی، از تغییر مکان فوق العاده تند بار الکتریکی استفاده میگردد.

اساس علمی این دستگاه در واقع همان اساس ساعت آبی است.

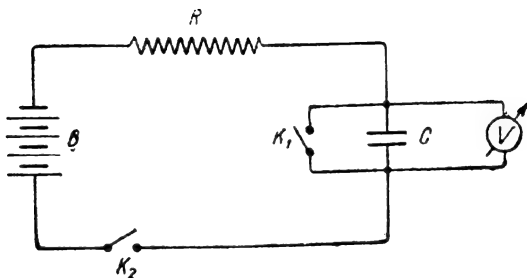
در ساعت آبی، آب مخزن از مجرای باریکی با سرعت تقریباً معین وارد يك ظرف مدرج میشود و زمان را بوسیله مقدار آبی که وارد ظرف مدرج میگردد میسنجند.

درجه بندی ظرف بر حسب سانتیمتر یا میلیمتر نیست، بلکه واحد زمان و در واقع ساعت و دقیقه و ثانیه را از روی آن میخوانند.

در دستگاه سنجش الکتریکی بجای آب، بار الکتریکی جریان دارد. (شکل ۲۹)

در اینجا باطری B بجای مخزن آب قرار گرفته، و خازن C نقش جمع کردن بارهای الکتریکی را دارد. خازن از راه مقاومت R پر میشود.

بجای اینکه سطح آب را در ظرف مدرج نگاه کنند و



(شکل ۲۹) طرح مدار و ذخیره شدن بار الکتریکی در خازن

زمان را تعیین نمایند به ولت سنچ  $V$  توجه کرده و بوسیله اختلاف سطح دوسر خازن زمان را معین میکنند.

قبل از شروع سنجش برای تخلیه خازن کلید  $K$  بکار میرود.

در ساعت آبی؛ به نسبتی که آب مخزن کم میشود، سرعت آنهم کاهش مییابد.

لذا سرعت آب هیچگاه نمیتواند یکنواخت باشد و در نتیجه درجه بندی ها نیز یکنواخت نیست. لیکن در دستگاه الکتریکی میتوان از ثبات منبع انرژی اطمینان داشت. باطری که برای اینکار انتخاب میشود قدرت کافی دارد، بطوریکه در مدت کوتاه با درازی که آزمایش صورت میگیرد جریان آن با مقایسه جریان آب ثابت میماند.

با اینکه منبع دارای قدرت لازم است و جریان آن نیز ثابت میباشد، پر کردن خازن بطور یکنواخت صورت نمیگیرد، بطوریکه ابتدا سرعت زیاد بوده و سپس بتدریج کند میشود. اگر با این دستگاه کار کنیم نمیتوانیم درجه بندی یکنواختی داشته باشیم. این اشکال را با قرار دادن لامپی در مسیر جریان رفع مینمائیم.

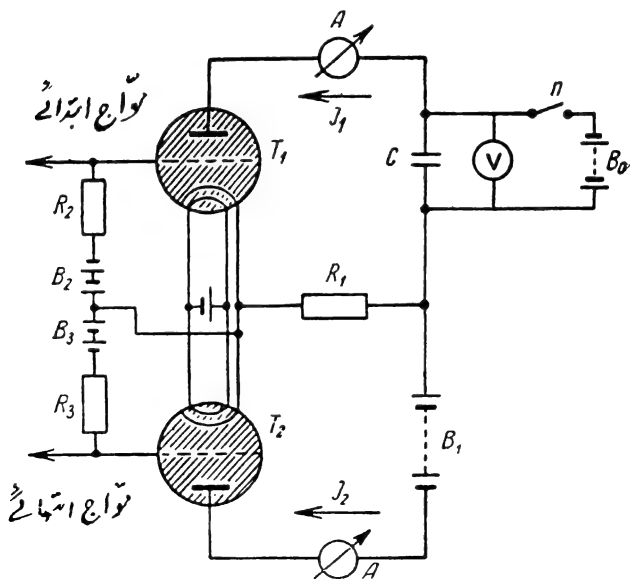
این لامپ مخصوص، شدت جریان پر کردن را محدود میکند. کار لامپ اینست که جریان وارده را بطور یکنواخت خارج نماید لیکن این اساس کار نیست. و برای اندازه گیری زمانهای کوتاه باید از بار الکتریکی که در پر کردن خازن بکار رفته استفاده کرد. لذا وجود جریان ثابت، با سرعت معین در پر و خالی کردن خازن نقش مهمی دارد.

تمام این شرایط بوسیله لامپ تیراترون تأمین میگردد (۱) تیراترون مشابه سوپاپ بوده، یا موجب قطع جریان میگردد و یا از عبور جریانهای معینی جلوگیری مینماید. در (شکل ۳۰) خازن بحرف C، باتری بحرف B و کلیه قطع و وصل بحرف H نشان داده شده است. باتری B خازن را پر میکند.

چون مقاومت لامپ بسیار زیاد است لذا تیراترون  $T_1$  و  $T_2$  وقتی خاموش هستند خازن C تخلیه میشود. اولین علامت در اندازه گیری روشن شدن لامپ  $T_1$  است. بار روشن شدن تیراترون  $T_1$  مقاومت آن فوق العاده کم شده و خازن اندازه گیری C از راه تیراترون و مقاومت R تخلیه میگردد.

دومین علامت اندازه گیری که نشان دهنده پایان کار است روشن شدن تیراترون  $T_2$  میباشد. که با خاموشی تیراترون  $T_1$  توأم است باین ترتیب عمل تخلیه خازن C پایان میرسد. در شکل نشان داده شده است که بعثت شدت جریان ثابت عمل پر کردن و تخلیه در زمانهای مساوی و بطور یکنواخت صورت میگيرد.





(شکل ۳۰) استفاده از خازن و لامپ تیراترون

پس ولتسنج  $V$  بجای درجه بندی بحسب جریان، میتواند برحسب واحد زمان درجه بندی گردد.

این دستگاه میتواند با  $\frac{1}{10}$  تقریب بین  $\frac{1}{100}$  تا  $\frac{1}{10000}$  ثانیه را اندازه بگیرد.

این نوع دستگاه اندازه گیری برای مؤسسات ذوب بسیار مفید است.

این دستگاه میتواند تا حدود چند صد هزارم ثانیه زمان را اندازه بگیرد و مشکل بسیاری از مؤسسات صنعتی را حل میکند.

چنانچه بخواهیم دقیقتر کار کرده ، یعنی زمانهای کوتاهی را اندازه بگیریم ، میتوانیم از دستگاه های الکتریکی استفاده نمائیم .

## مقیاس شمارشی

ساختمان این دستگاه مرکب از يك مولد با دوره تناوب زیاد (که بوسیله ورقه ای از کوارتز تأمین میشود) و يك مقیاس شمارشی تناوب نوسانات کوارتز به  $1/1000000$  در ثانیه میرسد یعنی مدت هر دور آن  $1/1000000$  ثانیه است. این کوچکترین واحد زمان است که با این دستگاه میتوان سنجید .

مسلماً برای دوره های تناوب مختلف این حد هم تغییر میکند .

جریان هایی که دارای دوره تناوب زیاد بوده و سینوسی شکل هستند بیک دوره تحریکات متساوی البعد تبدیل میشوند ( مطابق شکل ۳۱ ) و در يك دستگاه مخصوص به منحنی هایی که زاویه قائمه دارند مبدل میشوند .

قسمت b شکل ۳۱ نمونه ای از آنهاست .

مرحله دوم شمارش این قائم الزاویه ها است . هیچ دستگاه مادی نمیتواند آنها را با این سرعت بشمرد . و اینکار تنها از دستگاه الکترونی برمی آید .

چنین دستگاهی را مقیاس شمارشی می نامند .

ساختمان مقیاس شمار بسیار ساده است . یعنی از دو لامپ الکترونی تشکیل گردیده ، که هر گاه جریان از یکی بگذرد ، دومی مانع عبور جریان خواهد شد .

اختصاص این دستگاه اینست که به‌ازای تحریکات خارجی نوسان پیدا میکند . باین معنی که اولین لامپ قبل از رسیدن تحریک برای عبور جریان باز بوده و لامپ دوم بسته است . رسیدن علامت موجب بستن جریان لامپ اول شده ولی لامپ دوم را باز می‌کند . علامت دیگر نیز بهمین ترتیب موجب بسته شدن لامپ دوم و باز شدن لامپ اول میشود و غیره ... پس هر یک از لامپ‌های مقیاس‌شمار، بعد از هر دو تحریک باز می‌شوند ، لذا هر بار روشن شدن لامپ علامت دودوره تناوب یا تحریک است .

( شکل ۳۱ d )



( شکل ۳۱ ) شکل‌های مختلف امواج در دستگاه (مقیاس‌شمار)

پس میتوان جدولی ساخت که حلقه های ده تایی داشته باشد  
و به طریق زیر با آن عمل نمود:

اولین علامت برق لامپ اول را روشن میکند؛ در دومین  
علامت لامپ اول خاموش شده و لامپ دوم روشن می‌گردد ....

و دهمین موج تحريك دوباره اولين لامپ را روشن می نماید  
و غیره .

در دستگاه شمار با ردیفهای ده تائی هر لامپ بعد از ۱۰  
موج تحريك مجدداً روشن می شود .

با این روش هر دستگاه با مقیاس ده تائی می تواند تا ۱۰  
موج را محاسبه کند . و چنانچه دستگاه با مقیاس ده تائی دیگر  
به این مقیاس اضافه کنیم؛ می توان  $100/$  علامت را حساب کرد.  
اگر سومین دستگاه شمار با مقیاس ده تائی نیز به این  
دو مقیاس افزوده گردد، محاسبه امواج به  $1000/$  می رسد .

پس يك دستگاه الكترونی، با مقیاس شمار به طریق زیر  
عمل می کند :

قبل از اندازه گیری زمان دستگاه مقیاس شمار را به  
مولدی که دارای دوره تناوب زیاد است وصل می نمایم .  
شروع کار با وصل دستگاه شمار به مولد آغاز ، و قطع  
آن پایان کار است .

در زمان مورد محاسبه ؛ امواجی الكتريکی به دستگاه  
شمار می رسد، و برای محاسبه زمان کافی است تعداد این امواج  
را بشمریم .

طبق شرحی که داده شد با اولين موج تحريك لامپ اول  
روشن می گردد ، اگر به فرض ۷ موج از دستگاه شمار بگذرد  
و قطع شود، هفتمین لامپ از اولين دسته ده تائی روشن می شود،  
و اگر پانزده علامت به دستگاه برسد. اولين لامپ از دومین دسته  
ده تائی و پنجمین لامپ از دسته لامپ های اول روشن می گردد.  
در حقیقت بعد از ۱۰ موج تحريك لامپ دهم از اولين دسته ده تائی  
روشن خواهد شد . و آن وقتی است که اولين لامپ از ده تائی دوم  
نیز روشن می شود . و ۵ موج بعد لامپ پنجم از سری ده تائی اول

روشن می گردد .

با این روش برای محاسبه زمان معین باید بدانیم ، وقتی که رابطه مقیاس شمار از مولد قطع می شود ؛ کدام لامپ روشن است ؟ چندمین لامپ و از کدام سری می باشد ؟ مثلاً اگر در پایان اندازه گیری :

از سری ده تایی پنجم ، لامپ سوم		
چهارم ، لامپ هشتم	«	»
سوم ، لامپ پنجم	»	»
دوم ، لامپ اول	»	»
اول ، لامپ هفتم	»	»

روشن باشد .

در لامپ های دسته پنجم هر شماره  $۱۰/۰۰۰$  علامت ، و لامپ سوم نشانه  $۳۰/۰۰۰$  علامت است .

در لامپ های دسته چهارم هر يك نشانه  $۱۰۰۰$  علامت برقی بنا بر این لامپ هشتم نشانه  $۸۰۰۰/$  علامت می باشد .

به همین ترتیب در مورد لامپ دسته سوم هر يك  $۱۰۰/$  علامت و بنا بر این لامپ پنجم نشانه  $۵۰۰$  علامت است .

لامپ شماره اول دسته دوم نشانه  $۱۰$  علامت و لامپ شماره هفتم دسته اول نشانه هفت علامت خواهد بود .

بنا بر این جمعاً  $۳۸۵۱۷$  موج از دستگاه مقیاس شمارشی گذشته است .

هر گاه دوره تناوب مولد  $۱۰۰/۰۰۰$  دور در ثانیه ، یعنی زمان هر موج یکصد هزارم  $(\frac{1}{۱۰۰۰۰۰})$  ثانیه باشد ، فاصله زمانی

که در مثال بالا اندازه گرفته شد معادل  $۳۸۵۱۷/$  ثانیه خواهد بود .

برای تکمیل این دستگاه به هر يك از لامپ‌ها، لامپ‌نثونی وصل کرده‌اند و روی تابلویی که مقابل هر دسته ده تائی تعبیه شده عقربه‌ای نشان می‌دهد که لامپ چندم روشن است .

ساعت الکترونی با مقیاس شمار ، بسیاری از مشکلات علمی را که از نظر زمان پیش می‌آید حل می‌کند ، زیرا قادر است تا يك میلیونیم ثانیه را تا مدتی مدید اندازه گیری نماید .

اخیراً ساعت های الکترونی مخصوصی ساخته شده که در آنها کار تمام لامپ‌ها را يك لوله کاتوديك انجام می‌دهد .

شرح بیشتر آن در فصل ۱۱ خواهد آمد .

## مطالعه پدیده هائی که تغییرات سریع دارند

### چگونگی ثبت این پدیده ها

گاهی لازم می شود که فاصله زمان های بسیار کوتاه مربوط به پدیده معینی را اندازه بگیریم، و غالباً در مورد سنجش عده ای از آن ها دچار اشکال می شویم .

مثلاً در مطالعه نور، یا اندازه گیری زمان حرکت موتور باید سرعت اجزاء متحرك دستگاه ثبات ؛ بیش از سرعت حرکت نور یا موتور باشد تا بتواند حرکات مذکور را ثبت نماید .

بهترین وسیله و روش برای ثبت پدیده های کند و سریع از این قرار است .

برای سنجش سرعت های کم ؛ از دستگاه های ثبات استفاده می شود که اساس ساختمان آنها دو چیز است :

- ۱- وسیله ثبت .
- ۲- دستگاه الکتریکی برای حرکت دادن نوار .

وسيلة ثبت؛ چارچوب فلزی سبکی است که بین دو قطب آهنربای الکتریکی قوی قرار گرفته؛ و با عبور جریان می‌چرخد؛ و زاویه چرخش آن متناسب با شدت جریان است.

این چارچوب عقربه‌ای را می‌گرداند.

در انواع دیگر به جای عقربه از قلم ظریف فلزی استفاده می‌شود؛ یعنی با حرکت چارچوب قلم فلزی روی نوار دوده‌اندود متحرکی خط می‌کشد؛ حرکت این نوار را ساعت دقیقی تنظیم می‌نماید.

به این وسیله می‌توان سرعت‌های بسیار کم؛ چند سانتیمتر در روز و سرعت‌های زیاد چند متر در ثانیه را اندازه گرفت.

دستگاه ثبات در بررسی حرکات ماشین‌ها؛ یعنی برای تعیین مدت کار و توقف آنها، و همچنین در بررسی شبکه‌های حامل انرژی مورد استفاده قرار می‌گیرد.

این دستگاهها قدرت اندازه‌گیری سرعت‌های فوق‌العاده را ندارند.

یعنی ثبت حرکات فوق‌العاده سریع به وسیله ثبات‌های متشکل از اجزاء متحرك ممکن نیست. زیرا آنرسی چنین دستگاه‌هایی زیاد است.

پس برای افزایش سرعت حرکت باید از وزن اجسام متحرك بکاهیم.

تا چه حد می‌توان از وزن اجسام متحرك کاست؟

به فرض اینکه بتوانیم چارچوب فوق‌العاده سبک وزن و ظریف انتخاب کنیم، بی‌شک باید قلم آن نیز کوچک و خطوط ترسیمی آن هم ریز باشد. پس با رفع يك اشکال، نقض دیگری ایجاد می‌گردد.



دستگاه نوساننگار حلقه‌ای تا حدی این مشکل را حل می‌کند .

در این دستگاه بجای چار چوب ؛ حلقه فلزی ظریفی انتخاب می‌کنند که به قلم یا عقربه احتیاج ندارد ؛ روی این حلقه آئینه‌ای تعبیه شده که با حرکت حلقه بدور خود می‌چرخد مقابل آئینه لامپ مخصوصی قرار داده‌اند که در هر دور یکبار نور آن به آئینه برخورد کرده و منعکس شده، روی نوار متحرک عکاسی ثبت می‌شود.

این نوار عکاسی در فاصله ۱۰ تا ۲۰ سانتیمتری آئینه قرار دارد . با گردش منظم نوار نقاط تاریک و روشن به‌طور متناوب روی آن ایجاد می‌گردد ، و به این ترتیب می‌توان تا یک هزارم ثانیه را اندازه گرفت .

ولی آئینه نیز برای حرکات فوق‌العاده سریع سنگین است . اگر جریان بسیار باریکی از آب به وسیله لوله نازکی از منبعی خارج گردد، آب بر اثر مالش بر جدار لوله شیشه‌ای ایجاد الکتریسته می‌نماید، یعنی بار الکتریکی شیشه و آب کاملاً مخالف یکدیگر می‌گردد.

اگر عبور این آب از بین دو ورقه يك خازن الکتریکی باشد، وقتی یکی از ورقه‌ها مثبت است دیگری منفی می‌شود . آب چون در حین عبور دارای بار الکتریکی است ؛ در میدان الکتریکی خازن منحرف می‌گردد.

زاویه انحراف این جریان آب به نسبت اختلاف پتانسیل بین دو ورقه خازن افزایش می‌یابد . و اگر قطب‌ها را عوض کنیم جهت انحراف آب تغییر می‌کند .

این عمل می‌تواند برای ثبت پدیده‌های سریع و مختلف مفید باشد . جریان آب نیز دارای انرزی قابل ملاحظه‌ای است .

اما چون می‌توان جریان آب را به قطره قطره تبدیل کرد لذا در ثبت سرعت های فوق‌العاده زیاد انرسی آن کم و قابل اغماض می‌شود.

بجای جریان آب می‌توان از یکدسته الکترونی، یعنی از بار منفی که وزن هر بار یا الکترون برابر  $28 - 10 \times 90$  گرم است استفاده نمود.

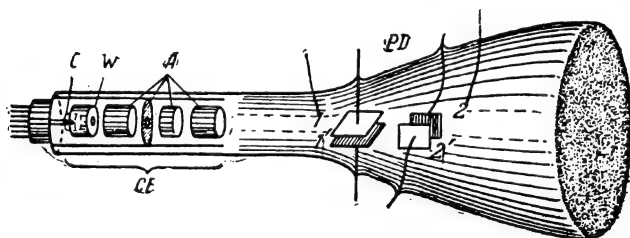
چنین دستگاهی که به کمک جریان الکترونی کار می‌کند نوسان‌نگار کاتودی نامیده می‌شود. اساس ساختمان این نوسان‌نگار ازدو بخش مهم تشکیل شده که عبارتست از:

۱- لوله کاتودی

۲- جریان برق

از درون لوله کاتودی دسته الکترونها عبور می‌کند. در انتهای آن صفحه‌ای دیده می‌شود که بر اثر ضربات الکترونها میدرخشد. جریان برق در این دستگاه بنحوی است که بر اثر تصادم الکترونها با صفحه انتهائی، اشکال و خطوط مختلفی را که بر اثر پدیده‌ها حاصل شده روی آن رسم می‌کند. لوله کاتودی مطابق ( شکل ۳۲ ) بطریق زیر تنظیم شده

است :



( شکل ۳۲ ) لوله کاتودی

در انتهای باریک لوله قطب منفی (C) قرار دارد که الکترون پخش می کند. این قطب استوانه کوچکی از جنس نیکل است که انتهای آن بسته بوده و بخشی از استوانه که داخل لوله قرار دارد از یک ورقه اکسید فلزی پوشیده شده است. داخل استوانه رشته نازکی قرار دارد که هنگام برقراری جریان، سفید رنگ شده و استوانه قطب منفی گرم می شود. طبقه اکسید فلزی جریان شدید الکترونی ایجاد می نماید. الکترونها مجتمع شده و رشته فوق العاده باریکی تشکیل می دهند.

سرعت برخورد این الکترونها با صفحه بقدری زیاد می شود که از تصادم آنها جرقه بوجود می آید. کاتد C را داخل استوانه ای از نیکل قرار داده اند که در شکل به W نشان داده شده است. برای آنکه رشته کاتودی بداخل لوله راه داشته باشد، درون استوانه سوراخ کوچکی تعبیه کرده اند.

این استوانه را نرده کنترل یا استوانه ونلت (۱) می نامند هنگام عبور دسته الکترونها جدار استوانه ونلت مانع پراکندگی آنها است.

در نتیجه دسته کاتودی بشکل شعله شمع از محور و مجرای انتهائی استوانه ونلت خارج می گردد. به تدریج می توان سوراخ استوانه را باریک تر انتخاب نمود تا دسته اشعه منفی که از استوانه خارج می شود به رشته فوق العاده نازکی تبدیل گردد. این کار را می توان آنقدر ادامه داد که قطر این اشعه به صفر برسد.

نقش مهم استوانه و نلت دو چیز است :

۱- موجب جمع شدن الکترونهاى پخش شونده در محور و مرکز لوله می گردد.

۲- در تغییر قطراشعه دخالت کرده و می تواند از قطر آنها کاسته و آنها را به صفر برساند .

بعد از استوانه و نلت در لوله کاتودی چند آند دیده می شود که اختلاف پتانسیل آنها با کاتد به چند صد یا چند صد هزار ولت می رسد .

آند نیز از استوانه‌هایی تشکیل شده که ته آنها سوراخ و دارای دیا فراگم حلقه‌ای هستند .

نقش این قطعات ؛ هرچه بیشتر متمرکز کردن دسته الکترونی و تسریع حرکات الکترون هاست .

هریک سیستم الکترودها ، دارای کاتد C و استوانه و نلت W آندهای A می باشد که مجموع آنها را لوله الکترونی CE می نامند .

نتیجه کار این لوله ؛ دسته اشعه منفی بسیار نازک و الکترونهاى سریع حرکت می باشد .

در وسط لوله کاتودی دوجفت صفحه (a و ā) و (b و b̄) نسبت بهم بطور مایل قرار دارند . در انتهای وسیع لوله کاتودی صفحه‌ای است که بوسیله قشری از مواد نور دهنده پوشیده شده و با بمباران الکترونی می درخشد.

موقعی که دوجفت صفحه فاقد بار الکتریکی هستند روی اشعه منفی نیز نقشی ندارند ، در نتیجه اشعه مستقیماً به صفحه انتهای لوله برخورد کرده و جرقه نورانی ایجاد می کنند .

زمانی که این دوجفت صفحه دارای بار الکتریکی هستند ؛ مثلاً اگر صفحه p دارای بار مثبت و صفحه p̄ دارای بار منفی باشد ،

دسته اشعه الکترونی کاتودی بطرف صفحه  $b$  جلب شده و توسط صفحه  $b^-$  دفع می‌گردند .

در نتیجه اشعه بیک طرف منحرف شده و در صفحه آخر لوله نیز، محل بمباران الکترونی عوض می‌شود و به طرف راست انتقال می‌یابد .

بعکس اگر قطب‌ها تغییر کنند اشعه به طرف چپ کشانده می‌شوند .

معمولاً بار الکتریکی صفحه‌ها زیاد، یعنی اختلاف پتانسیل آن‌ها بالا است و به همین دلیل انحراف دسته اشعه منفی نیز زیاد می‌باشد . اگر صفحات ( $a$  و  $a^-$ ) دارای بار الکتریکی باشند دیگر اشعه کاتودی در جهت افقی منحرف نشده؛ بلکه به طور عمودی بالا و پائین می‌روند .

در نوساننگار کاتودی صفحه انتهائی لوله ثابت است یعنی بجای تغییر مکان یا حرکت نوار ثبات؛ خود اشعه الکترونی یعنی قلم دستگاه تغییر جهت می‌دهد .

جفت دوم صفحات یعنی ( $b$  و  $b^-$ ) صفحات منحرف کننده اشعه نامیده شده و برای تغییر مکان دسته اشعه منفی با سرعت ثابت، در سطح افقی روی صفحه انتهائی نصب شده‌اند .

صفحات ( $a$  و  $a^-$ ) علامات الکتریکی را که منتشر می‌شوند دریافت می‌نمایند .

لذا پدیده الکتریکی روی صفحه قابل مطالعه است .

هرگاه پدیده ساده‌ای مانند تخلیه الکتریکی ثبت گردد روی صفحه آخر نوساننگار تصویر باچنان سرعتی رسم می‌گردد که امتحان یا عکسبرداری از آن مشکل است .

رفع این اشکال بسهولت انجام پذیراست؛ اگر مطالعه پدیده به وسیله جریان متناوب انجام شود یعنی نوع جریان در

ثانیه چندین دفعه تغییر کند ، آغاز و پایان پدیده را قسمی منطبق می‌کنند که صفحه انتهایی لوله نوساننگار يك دور تصویر متوالی و دقیق را ثبت نماید.

با اینکه این تصویر چندین دفعه در ثانیه ایجاد شده و از بین میرود چشم آنرا يك شکل ثابت و دائم می‌بیند . به طوریکه می‌توان تصویر را مطالعه کرده و براحتی از آن عکسبرداری نمود زیرا تعداد دفعات تغییر قطب‌ها در ثانیه زیاد است .

معمولاً در شرائطی که تعداد دفعات نوسان پدیده فوق‌العاده زیاد باشد از این دستگاه استفاده می‌کنند .

زیرا فقط وقتی که نوسان فوق‌العاده بالا باشد می‌تواند تصویر پدیده را نشان دهد .

در نوساننگاری که بین قطب‌های کاند و آند آن اختلاف پتانسیل چند هزار ولتی موجود باشد الکترون‌ها انرژی زیادی دریافت می‌کنند و در نتیجه برخورد با صفحه انتهایی لوله اشعه تنیدی ایجاد می‌نمایند .

لذا تصویری که روی صفحه بدست می‌آید کاملاً روشن و باوجود کوتاهی مدت عکسبرداری از آن ممکن است .

سرعت حرکت افقی دسته اشعه الکترونی در يك نوساننگار می‌تواند قبلاً ثابت و معین شود.

با انتخاب این سرعت مقیاس زمان را تنظیم می‌کنند. نوساننگار کاتودی پدیده‌های بسیار متغیر را ثبت نموده و طول مدت آنها را اندازه می‌گیرد و سرعتشان را می‌سنجد ، به طوری که می‌تواند فاصله زمانی بین اختلاف فاز پدیده معلومی را اندازه بگیرد.

## اندازه گیری پدیده های الکتریکی فوق العاده سریع

وقتی آذرخش از مسافت بسیار دور می جهد؛ نشانه نزدیکی طوفان است، جرقه ها پی در پی از کنار ابرها می درخشد و شراره گلی رنگ آنها به قرمزی می گراید و چند لحظه بعد صدای رعد شنیده می شود.

وقتی که ابرها بسطح زمین نزدیک باشند، جرقه ها یکی بعد از دیگری بشکل زیگزاك در آسمان دیده می شوند. که با نور خیره کننده ای می درخشند، و رعد با صدای خفه ای بلافاصله بدنبال آنها شنیده می شود.

آذرخش يك تخلیه الکتریکی است که از قدرت شدیدی حاصل می شود.

این پدیده عظیم و گاهی وحشتناك اغلب موجب بدبختی های زیادی می گردد.

این پدیده برای بشر خطر مرگ در بر دارد، و به خانه ها، و تیر های تلگراف یا سایر وسایل ارتباطی خسارات بسیار وارد می آورد.

مطالعه ساختمان دستگاه های برقگیر بسیار جالب و قابل توجه است.

قبل از مطالعه این دستگاه ها باید صاعقه و شدت و دامنه امواج آن هنگام تخلیه، و سرعت و تغییرات آن را مطالعه نمود.

با اینکه مدت يك صاعقه در حدود هزارم یا میلیونم ثانیه است عکسبرداری از آن مشکل نیست. برای این کار کافی است دريك شب طولانی از دستگاه عکاسی استفاده گردد.

عکس‌های بدست آمده فوق‌العاده زیبا بوده و بكمك آنها می‌توان دربارهٔ آذرخش قضاوت کرد.

لیکن باچنین دستگاهی هرگز نمی‌توان از يك آذرخش بلند و کامل عکسبرداری نمود. (شکل B ۳۳)

اگر ورقه حساس عکاسی را دور استوانه‌ای پیچیده و استوانه را به موتوری وصل کنند و آنرا با سرعت ثابت و زیادی بچرخانند می‌توان تصویر کاملی از صاعقه بدست آورد. (شکل A ۳۳)

بامحاسبهٔ سرعت حرکت نوار و زاویهٔ انحنای تصویر می‌توان سرعت تخلیه الکتریکی جوی را اندازه گرفت. این اطلاعات گرچه بسیار مهمند ولی برای آشنائی کامل به وضع آذرخش کافی نمی‌باشند.

نوساننگار کاتودی برای ثبت این پدیده بمراتب از دستگاه عکاسی بهتر است. این دستگاه از قسمت‌های زیر تشکیل شده است.

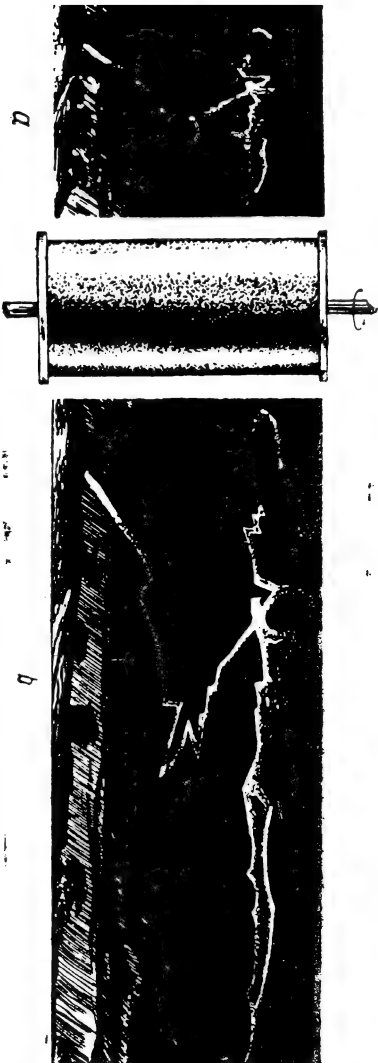
۱- دو جفت صفحه و يك مولد قوی باشد و سرعت بسیار که می‌توان به شدت آن نیز افزود.

۲- يك دسته اشعه منفی که بطور افقی با سرعت زیاد روی صفحه انتهای لوله کاتودی حرکت می‌کند.

۳- يك آنتن برقگیر که جریان را به صفحات شماره B واقع در داخل لوله کاتودی می‌رساند (در حالت عادی فاقد بار الکتریکی هستند) این شدت برای صفحه داخل لوله فوق‌العاده زیاد است. لذا وجود دستگاه تقسیم جریان و شدت آن نیز لازم می‌آید.

این دستگاه تقسیم از شدت کاشته و آنرا بچند بخش معین به اندازه لازم تبدیل می‌نماید.





شکل ۳۳ - عکسبرداری از آذرختن  
 a - روی صفحه حساس بی حرکت  
 b - روی فیلم (صفحه حساس متحرک)

مسأله دیگر اینست که تخلیه الکتریکی جوی يك پدیده غیرمترقبه است و بطور ناگهانی انجام می‌گیرد. و مدت آنهم هیچگاه معین نیست. محل تخلیه نیز نسبت بدستگاه دور یا نزدیک اتفاق می‌افتد.

برای رفع این اشکال ی - استکولینکو (۱) نوساننگار دقیقی ساخته که با امواج زیاد کار می‌کند. و جریان آن با جاری الکتریکی و دستگاه دکلاش تنظیم می‌گردد.

سرعت حرکت دسته اشعه کاتودی این دستگاه، روی صفحه انتهائی لوله، در سطح افقی ده‌ها هزار کیلومتر در ثانیه، و شدتی که در خروج الکترونهاي لازم برای ایجاد اشعه و تشکیل تصویر بکار می‌رود نزدیک به  $20/000$  ولت است.

این نوساننگار که قوه محرکه زیاد دارد کاملاً خودکار است.

وقتی دستگاه در حال استراحت است دسته اشعه منفی به صفحه انتهائی لوله بر نمی‌خورد، اما به محض يك تخلیه جوی یا صاعقه، جریانی که ظاهر میشود توسط آنتن‌های گیرنده جلب شده و در دستگاه نوساننگار، بوسیله دکلاش موجب حرکت افقی دسته اشعه منفی (حرکت الکترونها) روی صفحه انتهائی می‌گردد.

در اندازه‌گیری جریان تخلیه، ابتدا بخشی از آن وارد سیم پیچ‌های اطراف حلقه‌ای شده و سپس بورقه  $a$  که فاقد هر گونه بار الکتریکی است رسیده و جریان در نوساننگار برقرار می‌شود.

در نتیجه اشعه منفی به صفحه برخورد کرده و ثبت می‌گردند، بعد از ثبت اولین تخلیه دستگاه نوساننگار بطور خود کار برای

دومین بار آماده می شود .

با تجارب زیادی که در این زمینه به عمل آمده توانسته اند کلیه خصوصیات آذرخش را از نظر شدت جریان و دامنه نوسانات و چگونگی تغییر آنها بشناسند. و با این اطلاعات سرعت حرکت نوار آتشین رنگی را که در صفحه آسمان با جهش صورت می گیرد، اندازه گرفته و  $\frac{1}{11}$  سرعت نور اعلام کرده اند .

محاسبه نشان داده است؛ که شدت جریان در آذرخش به ۲۰۰/۰۰۰ آمپر می رسد ؛ و عمل تخلیه وقتی انجام می گیرد که اختلاف پتانسیل به ۵۰ تا ۱۰۰ ولت رسیده باشد .  
این اطلاعات در شناسائی و طرز به کار بردن دستگاه برقی گیر مفیدند .

## اندازه گیری پدیده فوق العاده سریع غیر برقی

برای مطالعه دستگاههای مکانیکی عظیم نظیر نوسانات ملخ يك هواپیما، یا کاریك موتور لازم است تغییر کار ملخ و یا فشار گاز درون استوانه های موتور و غیره را اندازه بگیرند.  
میزان تغییرات این اجسام بزرگ نیز بوسیله نوساننگارهای کاتودی معین می شود .

مشکلی که در این مورد بنظر می رسد اینست که نوساننگارهای برقی تنها با جریان برق کار می کند؛ و باید ابتدا دستگاههای عظیم مکانیکی را ( از نظر قدرت و فشار و تغییر و غیره ) به جریانهای الکتریکی متناسب تبدیل نمود ، تا اندازه گیری این جریانها معیار صحیحی برای اندازه گیری کار مکانیکی باشد .

تبدیل کارهای مکانیکی به علائم الکتریکی توسط گیرنده های مختلف صورت می گیرد.

معمولاً برای چنین تبدیل از ظرفیت سیم ها و مقاومت آنها استفاده می شود.

اساس اینکار رشته های فوق العاده نازکی هستند که به طور زیکنازک روی کاغذ نازک سیگار تعبیه شده است .

این ساختمان بستگی به مقاومت الکتریکی دارد. و کمترین تغییر، شدت آنرا تغییر می دهد؛ و کافی است که آنرا تحت فشار کوچکی قرار دهند .

فشار بسیار کم، حتی تا کردن نیز در مقاومت این ورقه - های نازک دارای سیم های فوق العاده باریک تغییر می دهد .

وقتی که تغییر مقاومت چیزی را اندازه می گیرند ، مستقیماً آنرا روی ورقه مقاومت می گذارند، یک طرف رشته باریک تعبیه شده در کاغذ را به جریان الکتریکی وصل و از طرفی به صفحه کنترل نوساننگار کاتودی نیز متصل می کنیم.

کمترین تغییر در شیئی مورد آزمایش ظرفیت مقاومت مذکور را تغییر می دهد و این تغییر : شدت صفحه کنترل نوساننگار را تغییر داده و در نتیجه دسته اشعه کاتودی آنرا روی صفحه انتهای لوله ثبت می نمایند و بر مبنای آن جدولی تشکیل می دهند .

معمولاً برای تبدیل یک نیروی قوی مکانیکی و یا یک فشار زیاد به جریان الکتریکی از قطعات بار بارق (۱) استفاده می کنند .

اساس کار قطعات بار بارق مبتنی بر اینست که تحت اثر شدت مکانیکی و تغییرات آن با بار الکتریکی در قسمت های سطحی بلورها

جمع می شود .

کوارتز بیش از سایر بلورها این خاصیت را دارا است.

شدت الکتریکی در قسمت سطحی يك قطعه کوارتز پیزو-  
الکتریک ایجاد شده و به سطح مقابل منتقل می شود و پس از توسعه  
مناسب به صفحه کنتترل نوساننگار کاتوری میرسد و نیروها و فشار  
با تغییر سرعت هائی که دارند ثبت می گردند و جریانهای کم و  
زیاد ایجاد می گردد.

با این روش می توان پدیده هائی را که در فاصله زمانی کمتر  
از چند هزارم یا صد هزارم ثانیه انجام می گیرند ثبت و محاسبه  
نمود .

## اندازه گیری هزارم و میلیونم های ثانیه و سیله دستگاههای کاتودی

در فصل نهم ساختمان دستگاهی شرح داده شد که اساس کار آن، مولدی با جریان متناوب، و دوره تناوب بسیار زیاد، و در نتیجه زمان يك دوره تناوب آن ثابت و بسیار کوتاه بود.

در آن فصل اولین درجه بندی بر مبنای دوره تناوب گفته شده و اکنون بذکر دومین درجه بندی که اساس آن نیز زمان ثابت بین دو دوره تناوب است می پردازیم .

کار این جدول شمردن دوره های تناوب یا امواجی است که دستگاه در فاصله زمانی معین، رسم می نماید .

هدف دوم درجه بندی و تهیه جدول اینست که ارزش و اندازه هر يك از دوره های تناوب را تعیین کرده و به وسیله عقربه یا علائم نوری بتوان آنرا اعلام نمود .

روش ده تایی ها یا اعشار بهترین سبک درجه بندی دستگاه است . زیرا محاسبه سلسله اعداد ده تایی که مراتب آن ۱۰ و ۱۰۰ و ۱۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ است . با اینکه تهیه ورقه های الکترونی آسان است و فاقد انرزی نیز می باشد ، چون به اندازه ای که بخواهیم

ضریب یا طبقات اندازه گیری را بالا ببریم مجبوریم ورقه های الکترونی را زیاد کنیم با چنین دستگاهی به علت خراب شدن یکی از ورقه های الکترونی متوقف می گردد.

علاوه بر این دستگاه بزرگ بوده و اطمینانش هم زیاد نخواهد بود .

اکنون باید دید این مشکلات را چگونه می توان رفع کرد . اگر دوره های تناوب و یا دامنه منحنی ها بزرگ باشد می توان از دستگاه های مکانیکی استفاده کرد . حل مسأله شمارش در چنین شرائطی مشکل نیست .

اگر چرخشی انتخاب کنیم که ده دنده داشته باشد و به ازای هر نوسان یا دوره تناوب یک دندانه آن حرکت کند ؛ وقتی این چرخ یک دوره کامل بچرخد نشانه ۱۰ نوسان خواهد بود .

برای زمان طولانی تر باید چرخ دنده ها را طوری تعبیه کرد که یک دندانه آن بلندتر باشد بعد از یک دوره کامل ؛ آن دنده بزرگ ؛ چرخ دیگری را بحرکت درآورد و دوباره پس از یک دور کامل مجدداً دنده بلند چرخ مذکور را باز با اندازه یک دنده بچرخاند ، و به همین ترتیب یک دور کامل چرخ دوم که آن نیز ۱۰ دنده دارد نشانه ۱۰۰ دوره تناوب یا ۱۰ تا ده تائی است .

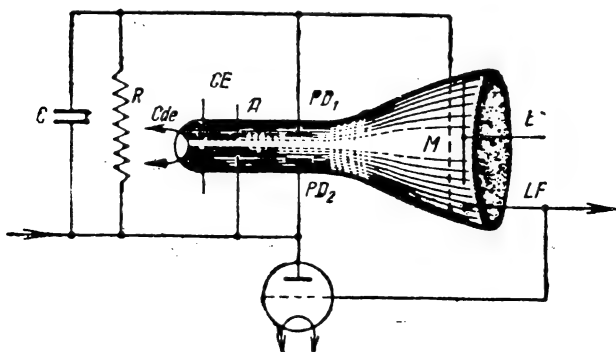
آیا چنین دستگاهی می تواند نوسانات فوق العاده سریع را بشمارد ؟

آیا نمی توان برای ضبط علائم امواج و دوره های تناوب بجای چندین ورقه تنها از یک ورقه الکترونی استفاده نمود ، بطوریکه به تواند به تنهایی کار همه آنها را انجام دهد ؟

اینکار توسط دسته الکترون ها امکان پذیر است . لوله کاتودی که قطرش از قطر یک رادیو معمولی تجاوز نمی کند جای دستگاه های بزرگ شمار قرار گرفته و در نتیجه به ورقه های

متعدد احتیاجی ندارد .

چگونگی عمل لوله کاتودی بادستگاه شمارمانند دستگاهی باکلید قطع و وصل است و در این دستگاه دسته الکترونها نقش پرگاری دارند که روی صفحه ای می لغزند، با این اختلاف که از يك نقطه به نقطه دیگر با سرعتی فوق العاده و غیر قابل تصور حرکت می کنند که هرگز دستگاههای مکانیکی (با اصطلاح مادی) قادر به انجام آن نیستند، در شکل ۳۴ طرح دستگاه شمار به وسیله لوله کاتودی ملاحظه می شود که شامل قسمت های زیر است :



شکل ۳۴ - لوله کاتودی با مقیاس شمارش

لوله کاتودی (GE) که در آن يك دسته بسیار باریک الکترونی ایجاد می گردد، يك جفت ورقه  $PD_1$  و  $PD_2$  برای انحراف دسته الکترونها، و صفحه  $M$  محل برخورد الکترونها، و ورقه های کوچک  $L$  و  $LF$  که جمع کننده الکترونها هستند . موقعی که دسته الکترونها به صفحه  $M$  بر می خورد جریان در خازن  $C$  پر شده و بسته می شود. خازن  $C$  و ورقه  $PD$  به طور موازی با یکدیگر بسته شده اند .



متناسب با اختلاف پتانسیل بین ورقه های خازن؛ اختلاف پتانسیل بین ورقه ها نیز افزایش می یابد و این خود موجب انحراف بیشتر دسته الکترونها می گردد .

یعنی محل بمباران الکترونی، دسته الکترونها روی صفحه M تغییر می کند، این تغییر مکان تا انتها ادامه دارد ، در انتهای ورقه حساس عمل حرکت دسته الکترونها متوقف شده و جریان قطع می گردد .

زیرا ورقه I جزء صفحه حساس نیست، کمترین جریانی که از خازن C به دستگاه برگردد، دسته الکترونها را به محل اولیه خود برمی گرداند .

یعنی لغزش دسته الکترونها روی صفحه حساس مسیری می سازد که مرتب روی آن رفت و آمد دارد .

چون حرکت دسته الکترونها روی صفحه همراه با امواج و متناسب با آنها صورت می گیرد ، لذا تا پایان ورقه حساس شاهد ۱۰ حرکت خواهد بود که نماینده امواجی است که به لوله کاتودی رسیده اند .

برای شمردن این امواج، معمولاً صفحه را در محل های حرکت امواج شماره گذاری کرده و آنرا از قشری مواد نور دهنده (۱) می پوشانند ، تا نمره محلی که دسته اشعه توقف می نماید قابل خواندن باشد .

انتهای مسیر دسته الکترونها به  $LF$  نشان داده شده است جریانی خازن را پر می کند و هر بار که دسته الکترونها به انتها برسند جریان خازن ، دسته الکترونها را مجدداً به محل اولیه برمی گرداند.

اگر شمار امواج به بیش از ۱۰ برسد، یعنی بخواهیم زمان بیشتری را با دقت اندازه بگیریم، مثلاً شمار را به صد برسانیم. انتهای صفحه که به وسیله تیغه LE تمام میشود، خود با عنوان وسیله خارجی (نمره انداز) یا موجب حرکت عقربه، یا هر وسیله دیگری که نشان دهنده يك دهه باشد خواهد بود.

بالاخره برای محاسبه زمان از روی حرکت دسته الکترونها بدین طریق استفاده می کنند که رفت و آمد دسته الکترونها روی صفحه انتهائی توسط دستگاهی بر مبنای الکتریکی ضبط و محاسبه می گردد، این دستگاه یا جدول ممکن است به جای ورقه های الکترونی از تیراترون (۱) استفاده کرد.

در عده ای از دستگاه ها بجای اینکه حرکت دسته الکترونها افقی یا عمودی باشد، (حرکت رفت و آمد) منحنی شکل است. یعنی دسته الکترونها محیط دایره ای را طی می کنند، لیکن این منحنی بسته طوری است که وقتی دسته الکترونها به نقطه ابتدائی خود برسند علامتی می دهند که نشانه يك دور کامل است.

در عده ای از دستگاه ها چندین لوله کاتودی را کنار هم پهلوی پهلوی قرار می دهند به طریقی که يك موج لوله سمت راست نمودار ۱۰۰ موج لوله سمت چپ است.

به این طریق زمانهای تقریباً زیاد را با لوله های متعدد اندازه می گیرند. این لوله ها طوری تعبیه شده اند که وقتی دستگاه متوقف شود می توان نمره موج لوله را خوانده و با توجه به مراتب لوله ها کلیه امواج را محاسبه نمود.

مقایسه لوله کاتودی با دستگاهی که هم اکنون بشرح آن می پردازیم نشان می دهد، که دستگاه اخیر به مراتب ساختمان

ساده تر داشته و از نظر اندازه کوچکتر بوده و دقیق تر نیز می باشد ، یعنی این دستگاه مسأله محاسبه زمانهای کوتاه را حل کرده است.

در اتحاد جماهیر شوروی دانشمندی بنام ل. کورابلیو (۱) دستگاه سنجشی ساخت که ورقه های آن از جنس گازوبنام تیراترون های بدون سوخت معروف شد .

در این دستگاه صفحه شمارنده دکاترون (۲) نامیده می شود که خواص بسیار دارد .

این صفحه ورقه بزرگی است که جانشین دستگاه شمارنده دهه ها گردیده و در این صفحه شمارنده يك آند مشترك برای عدّه زیادی کاند قرار داده شده است .

ساختمان دستگاه طوری است که وقتی علائم خارجی وارد آن شود ، بین کاتدها تخلیه ایجاد می کند .

با این روش ، از روی ردیف کاتدهائی که موج به آنها رسیده می توان چندمین آنها را شناخت .

دستگاه سنجش با ورقه گازی از هر لحاظ خوب ، و کار کردن با آن آسان ، و ساختمانش نیز ساده است ، لیکن گاز بزودی به مایع تبدیل می گردد .

حد و قدرت شمارش با این دستگاه بستگی به قدرت یونیزم شدن گاز دارد . ولی دستگاهی که شرح داده خواهد شد فاقد این عیب نیز می باشد .

اساس این دستگاه در واقع يك نوع دستگاه کاتدی است که تروکوترون (۳) نامیده می شود .

در دستگاه الکترونی معمولی، الکترونها از قطب منفی به قطب مثبت می روند، لیکن به عکس در تروکو ترون الکترونها روی محوری که دارای تعادل پتانسیلی است به طور عمودی بالا و پائین می رود .

اکنون بشرح ساختمان و چگونگی عمل این دستگاه می پردازیم :

یکی از الکترودها در يك میدان طولی الکتریکی قرار گرفته و جریان حاصل الکترونها را در جهت طولی می کشاند . ولی اگر برای چنین الکترودی؛ میدان عرضی آهنربائی نیز ایجاد کنیم ، ملاحظه می گردد که حرکت الکترونها در جهت قبلی نخواهد بود . زیرا میدان الکتریکی، الکترونهارا طولی و میدان آهنربائی آنها را به طور عمودی حرکت می دهد .

منتج این دو نیرو روی الکترونها اثر گذاشته و آنها را از جهت اولیه خود منحرف می کند .

چگونگی این انحراف بستگی کامل به نیروی میدانهای الکتریکی و آهنربائی دارد . یعنی هر کدام قویتر باشند جهت انحراف تغییر خواهند داد .

گاهی حرکت الکترونها در مسیر منحنی انجام می گیرد که این منحنی را تروکوئید (۱) می نامند .

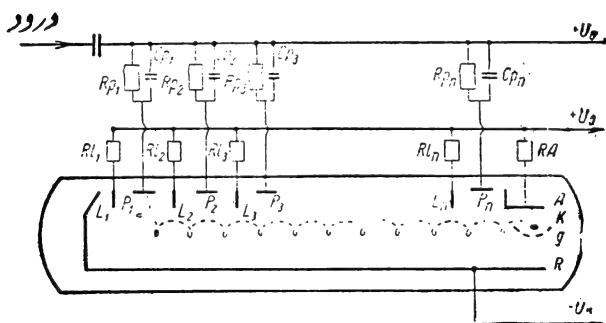
منحنی تروکوئید که خط سیر الکترونها در شرائط خاصی است ، شباهت زیادی به فنرفوق العاده باریکی دارد .

نتیجه میدانها اینست که در عین حالیکه الکترونها با نیروی مغناطیسی بالا و پائین میروند ، همواره در طول میدان الکتریکی حرکت می نمایند .

چون این دستگاه منحنی تروکوئید ایجاد می کند، به آن

تروکوترون می گویند .

دستگاه تروکوترون مطابق شکل ۳۵ از قسمت های زیر تشکیل شده است:



شکل ۳۵ - دستگاه تروکوترون

لوله کاتودی آن استوانه نازکی است که به  $K$  نشان داده می شود .

کار صفحه مشبك  $y$  تنظیم شدت حرکت دسته الکترونها است .

میدان الکتریکی  $U_a - U_r$  الکترونها بین  $A$  و خط  $R$  هدایت می کند .

تمام دستگاه داخل يك میدان آهنربائی که بطور عرضی به الکترونها نیرو وارد می کند قرار داد . این آهنربا در شکل ۳۵ به  $H$  نشان داده شده است .

و نیروی آن بقدری است که نمی گذارد الکترون ها مستقیماً به طرف  $A$  بروند . تحت اثر این دو میدان الکترونها در محور دستگاه می چرخند . یعنی نمی توانند به طرف آندونه به طرف کاتد بروند .

(در این دستگاه ورقه های  $L_1$  و  $L_2 \dots L_n$  آندها هستند) لیکن صفحات ( $P_1$  و  $P_2 \dots P_n$ ) که پتانسیل آن ها مشابه کاتد است می توانند تاحدی الکترونهارا به سوی خود بکشانند. ورقه های  $P_1$  و  $P_2$  و غیره به وسیله رشته های هادی به جریان ورودی دستگاه ( $U_a$ ) متصل بوده و علامت های منفی دریافت می کنند، اما ورقه های  $L_1$  و  $L_2$  و غیره به همین طریق به آند وصلند. وقتی اولین موج به ورقه  $P_1$  منفی می رسد، دسته الکترونها به طرف ورقه مجاورش یعنی  $L_1$  می جهند ولی در آنجا نمی توانند مدت زیادی توقف کنند، زیرا جریان محوری به مراتب قویتر از جریان ضعیفی است که از ورقه می گذرد، چون سر راه ورقه مقاومت زیاد  $R_p$  قرار گرفته و جریان را ضعیف کرده است، لذا الکترونها به طرف ورقه  $P_2$  کشانده می شوند، مدت توقف الکترونها در این جا نامعلوم است. زیرا باید بدانند تا موج دیگری بیایدو با آن به سوی ورقه بعدی بروند. و به همین ترتیب ...

مقاومت ها و ظرفیت هائی که سر راه جریان قرار دارند، دارای نقش مخصوصی هستند.

اولاً محرکهای یکنواخت محسوب شده و کوتاه شدن مدت نوسان را موجب می شوند، ثانیاً از اشتباه دستگاه جلوگیری می نمایند یعنی مانع از این هستند که الکترونها از چند ورقه يك دفعه بجهند. و مهمترین کارشان اینست که عبور جریان را نشان می دهند.

بالاخره الکترونها بعد از يك سری جهش به آند  $A$  میرسند مقاومت  $R_a$  پتانسیل آند را کاملاً کم کرده، و این خود موجب کاسته شدن جریان آندی و در نتیجه متعادل کردن آن می شود.

وقتی این مرحله از دسته اول به اینجا میرسد، الکترونهای دسته دوم تازه به ورقه  $P_1$  رسیده اند و دستگاه به اینوسیله

می‌تواند امواج الکترونی را محاسبه و نشان دهد .  
 تروکوترون به مولدی متصل است که امواج یکنواختی  
 می‌فرستد. و دستگاه قطع و وصل مخصوصی هم کار دستگاه را کنترل  
 می‌نماید و با اولین موجی که از مولد خارج می‌شود عمل اندازه-  
 گیری شروع می‌گردد و وقتی آخرین موج از دستگاه خارج می-  
 شود عمل سنجش تمام شده است .

دستگاه تروکوترون امواج را بهمان دقتی محاسبه می‌کند  
 که ساعت نوسانات آونگه را می‌شمرد . و به این وسیله فاصله  
 زمانها را هر اندازه کوتاه هم باشد اندازه می‌گیرند .

اگر بخواهند زمان بیشتری را باهمین دقت بسنجند چندین  
 تروکوترون را بطور سری بهم می‌بندند و آنرا طوری تنظیم  
 می‌کنند تا به جای هر یکبار که الکترونها طول تروکوترون اول  
 را طی می‌کنند يك موج به اولین ورقه  $P_1$  دستگاه دوم برسد و به  
 این ترتیب وقتی طول تروکوترون اولی ۱۰ بار طی شد، تروکوترون  
 دوم یکبار طی شده باشد.

تروکوترون سوم نیز با تروکوترون دوم به این نسبت قرار  
 دارد و بهمین ترتیب.

لذا با چنین دستگاهی می‌توان با دقت چند میلیونم ثانیه  
 چندین دقیقه را محاسبه نمود .

# رادار

## Radar

هواپیما در هوای مه آلود هم می تواند فرود آید . خلبان قادر است بزودی به وسیله دستگاهی بنام رادیو تله متری (۱) به طور دقیق فاصله بین زمین و هواپیما را حساب کند .

اکنون خواهیم دید اینکار با چه روشی انجام می شود .  
رادارهایی که در نقاط مختلف نصب شده اند ؛ همیشه فاصله شیئی یا جسم متحرکی را با سرعتی که آن جسم دارد بر حسب زمان نشان می دهند .

یعنی علامت رادیو - الکتریکی که رادار می فرستد با برخورد به شیئی منعکس شده و دوباره به رادار برمی گردد .  
دستگاه فرستنده امواج باید فوق العاده قوی باشد تا بتواند دوره تناوب بسیار زیاد در حدود هزار موج در ثانیه را ایجاد کند .

دستگاه تقسیم مخصوصی سر راه امواج می گذارند که هر علامت را به دو قسمت تقسیم می کند .

بخشی از آن مستقیماً به دستگاه گیرنده میرسد و قسمت دیگر به کمک يك آنتن به طرف شیئی رهبری میگردد ، که پس از برخورد به آن منعکس شده و دوباره توسط آنتن گیرنده اخذ شود .

تاخیری که بین لحظه اخذ قسمت اول علامت رادیو - الکتریکی و دریافت انعکاس روی میدهد بدقت با دستگاهی محاسبه می شود نصف این زمان مربوط به رفتن و نصف دیگر به بازگشت موج مربوط است که با در دست داشتن سرعت موج فاصله شیئی تا



محل دستگاه گیرنده به سہولت قابل محاسبہ است . این اصول کار رادار است .

با این اصول رادارها می توانند فاصلہ اجسام فوق العادہ دور و سریع حرکت را اعلام کنند .

بزرگترین اثر و فایده رادار هدایت هواپیما ها و کشتی ها در شب و هوای تاریک مه آلود است و با وجود رادار هیچگاه کار هواپیمائی و دریا نوردی بعلل جوی متوقف نمی گردد .

مسأله ای که در کار رادار مورد توجه است فاصلہ شیئی مورد نظر و سرعت و علامت های رادیو-الکتریکی است که باید آن فاصلہ را طی کند .

سرعت انتشار امواج رادیو-الکتریکی بسیار زیاد است . اگر یک پیاده ۱ تا ۱/۵ متر مسافت را در یک ثانیه به پیماید ؛ و یک دوندہ خوب ، بین ۵ تا ۱۰ متر در ثانیه سرعت داشته باشد ؛ و اگر یک خودرو ۲۰ تا ۴۰ متر را در یک ثانیه طی کند ، و هواپیما بین ۱۰۰ تا ۳۰۰ متر در ثانیه حرکت نماید ؛ و سرعت گلولہ توپ یا تفنگ بہ ۵۰۰ تا ۸۰۰ متر در ثانیه برسد ؛ یک موج الکتریکی یا یک علامت رادیو-الکتریکی ۳۰۰/۰۰۰ کیلومتر را در یک ثانیه می پیماید .

پس امواج الکتریکی در یک میلیونم ثانیه ۳۰۰ متر مسافت طی می کند .

اگر فاصلہ ۱۵ کیلومتری بوسیله رادار اندازه گیری شود مدت انتشار امواج و برگشت آنها مساوی صد هزارم ثانیه خواهد بود ؛ و برای اندازه گیری ۱۵ متر این رقم بہ ده میلیونم ثانیه تقلیل مییابد .

و محاسبہ چنین زمانی ہم باید بہ وسیله لولہ کاتودی با ورقہ های منحرف کننده دستہ الکترونها و صفحہ حساس انتهائی

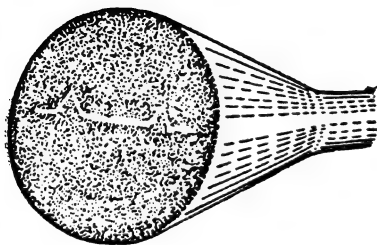
آن صورت گیرد .

يك مولد جریان متناوب به جفت اول ورقه ها وصل می کنند ، به طوریکه بتواند با سرعت ثابت دسته الکترونها را روی صفحه حساس به طور افقی حرکت دهد .

به جفت دوم ورقه ها که دسته الکترونها را در جهت عمودی حرکت می دهد جریانی وصل می کنند که هنگام انتشار در فضا اول از ورقه ها بگذرد . یعنی شروع کار اندازه گیری را با ایجاد يك دندانه روی خط حرکت صفحه حساس اعلام نماید .

هنگامی که امواج رادیو-الکتریکی منعکس شده و توسط آنتن اخذ گردید ، باز به همان ورقه منتقل می شوند دندانه دیگری در مسیر حرکت الکترونها ایجاد می گردد .

فاصله این دو علامت (دو دندانه) (مطابق شکل ۳۶) نماینده تأخیر انعکاس خواهد بود و باین وسیله می توان فاصله شیئی مورد نظر را تا محل نصب رادار محاسبه نمود .



صفحه لوله

کاتودی متعلق به رادار

به حسب واحد طول

درجه بندی شده که

بسهولت می توان آنرا

خواند .

اکنون بشرح

وروش کار دستگاه رادار

شکل ۳۶ - جاروب قطری

و حدود دقت آن می پردازیم .

اگر حرکت دسته الکترونها از يك طرف به طرف دیگر در

حدود  $\frac{1}{100}$  ثانیه طول بکشد ؛ و اگر حداقل فاصله ای که در این

ورقه بتوان تشخیص داد  $\frac{1}{100}$  قطر صفحه باشد ، کمترین فاصله ای که با این دستگاه اندازه گیری می شود ده هزارم ثانیه خواهد بود .

اگر سرعت حرکت دسته الکترون ها را روی صفحه حساس ۱۰ مرتبه زیاد کنیم یعنی قطر صفحه حساس در  $\frac{1}{1000}$  ثانیه طی شود عمل اندازه گیری ۱۰ مرتبه دقیق تر می گردد ، و حد اندازه گیری به صد هزارم ثانیه می رسد .

به وسیله این دستگاه که با آن فقط یک هزارم قطر صفحه حساس قابل خواندن است ، اندازه گیری  $\frac{1}{10000}$  ثانیه غیر ممکن میشود آیا می توان زمانهای طولانی را با دقت فوق العاده سنجید؟ یعنی آیا می توان بدون اینکه بدقت اندازه گیری لطمه ای وارد آید به حدود آن افزود ؟

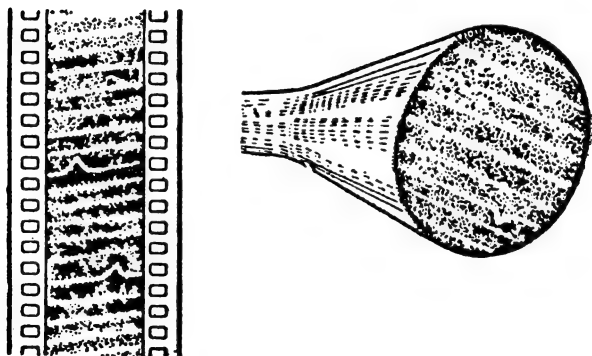
باروش جدیدی که عنوان خواهد شد ، اینکار کاملاً عملی است .

در هر صفحه حساس به جای یک سطر می توان امواج را مانند سطور صفحات کتاب به دنبال هم ضبط نمود (مطابق شکل ۳۷) از طرف دیگری می توان صفحه حساس را بزرگتر انتخاب کرد تا سطور بیشتری در آن بگنجد .

این روش که به نام روش جاروب قطاعی (۱) نامیده می شود توانسته است مدت کم و دقت زیاد را حل کند زیرا با این روش دسته الکترونها کاتودی در مسیر طولی حرکت می کنند و سرعت نیز هر قدر زیاد باشد فرصت برای محاسبه مدت خواهد بود .

روش دیگری بنام جاروب دورانی (۲) بکار می رود که

- 1- Balayage Sequentiel
- 2- analyse circulaire



شکل ۳۷ - جاروب قطاعی

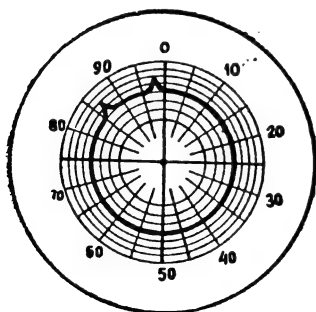
طول مسیر؛ آن  $n = 3/14$  مرتبه بیشتر از روش قطاعی است .  
 از این روش برای بازرسی ساعت ها استفاده می کنند.  
 در یکی از این دستگاهها دسته الکترونها روی صفحه حساس کاتودی ۳۳۰ دور که معادل ۱۱۸۸۰۰ درجه کمان است، در ثانیه طی می کند.

موقع آزمایش يك ساعت دودندانه درشمار امواج ایجاد می شود ، یعنی دسته الکترونها در دو نقطه از مسیر دایره ای خود ایجاد برآمدگی می کنند، و این متعلق بساعت دقیق است (ساعتی که می خواهیم ساعت مورد آزمایش را بآن تطبیق کنیم ) ، دیگری متعلق بساعت مورد آزمایش است .

دستگاه طوری تنظیم شده که اختلاف بین دو ساعت مساوی اختلاف فاصله دودندانه است .

مثلاً اگر اختلاف ساعت مورد آزمایش يك ثانیه در ۲۴ باشد ، برای ۳۰ ثانیه ای که آزمایش طول می کشد اختلاف باید

$\frac{1}{2880}$  ثانیه باشد، و این اختلاف را دستگاه سنجش ۱۴ درجه نشان خواهد داد، یعنی بین دودندانه ۱۴ درجه فاصله است. (شکل ۳۸) برای مدت‌های بیشتر با افزایش سرعت می‌توان به حساسیت دستگاه افزود.



به طریق جاروب الکتریکی می‌توان زمانهای بسیار کوتاه را اندازه گرفت و حتی این سنجش به ده یا صد میلیون ثانیه هم می‌رسد. مطالعه انوار کیهانی با این روش صورت می‌گیرد. برای اینکار دو شمارگر در فاصله

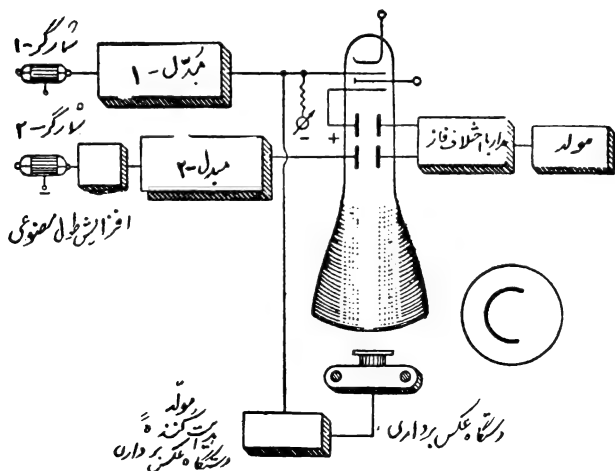
معینی از یکدیگر قرار دارند و بین آنها بار الکتریکی کمی بجریان گذاشته‌اند. مدت ارتباط بار الکتریکی بین شمارگرها را به کمک نوساننگار جاروب دورانی اندازه می‌گیرند.

شرح عمل دستگاه بقرار زیر است: (مطابق شکل ۳۹)

مولدی که در آن ورقه‌ای از کوارتز نصب گردیده، اختلاف پتانسیل متناوب و دوره تناوب آن فوق‌العاده زیاد است جریان آن به ورقه‌های منحرف‌کننده لوله کاتودی وصل شده است.

یک جفت دیگر ورقه دستگاه کاتودی جریان اولی را با اختلاف فاز ربع دوره تناوب دریافت می‌کند. از طرف دیگر به این ورقه‌ها (تغییردهنده حرکات دسته الکترون‌ها در جهت عمودی) از دستگاه جاروب دورانی نیز جریانی می‌رسد.

دوره تناوب مولد به  $100000$  دور در ثانیه رسیده و



شکل ۳۹

طرح دستگاه برای اندازه گرفتن زمان بین دو دوره تناوب

موجب می‌گردد که دسته الکترونها کاتودی منحنی دایره‌ای را در زمان ده میلیونم ثانیه رسم کند .

قبل از اندازه‌گیری الکترونها بسته می‌شوند .

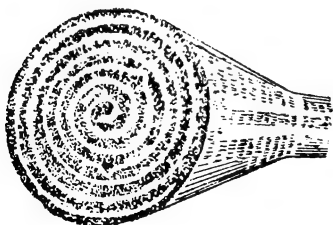
اولین علامتی که اولین شمارگر دریافت می‌کند دسته الکترونها را باز کرده ؛ و آخرین علامت به وسیله شمارگر دوم فرستاده می‌شود که این علامت دسته الکترونها را از صفحه حساس خارج کرده و منحرف می‌کند .

به این طریق در طول کمان رسم شده توسط الکترونها

کاتدی به نسبت زمان روی صفحه حساس دندان‌هائی دیده می‌شود که می‌توان آنها را محاسبه کرد .

دستگاه توسط (جریان باتأخیر) تنظیم می‌شود .  
وبالاخره تصویر (کمان) به وسیله دستگاه عکاسی خودکار تهیه می‌گردد .

چنین دستگاهی می‌تواند یکدهم میکروثانیه را نیز اندازه گیری نماید . (مطابق شکل ۴۰)



شکل ۴۰ - جاروب مارپیچ

منحنی فنز مانند  
موجب می‌شود که بتوان  
روی صفحه حساس  
خطوط بیشتری رسم  
گردد .

مدت سیر دسته  
الکترونها در تمام صفحه  
به طور مارپیچ ، حد

اکثر زمانی است که دستگاه می‌تواند اندازه بگیرد .  
این افزایش زمان ترسیم نیز بدقت دستگاه قبلی (حرکت الکترونها روی قطر) است، یعنی در عین حال که مدت بیشتری را اندازه می‌گیرد بادقت فوق‌العاده نیز هست .

روش‌های مختلفی که عنوان شد در رادار قابل استفاده هستند . یعنی برای جریانهای دارای اختلاف فاز مفید می‌باشند این دستگاه‌ها می‌توانند تا یک میلیون یا یک ده میلیون ثانیه را نیز اندازه بگیرند .

برای فاصله زمانهای کوچکتر دستگاههای الکترونی دیگری نیز وجود دارد که در فصول آینده به شرح آنها می‌پردازیم .

## میلیونم و ملیاردم ثانیه را چگونه اندازه می گیرند

عمر متوسط ایزوتوپ رادیواکتیف پلونیوم (۱) بوزن اتمی ۲۱۲ تقریباً برابر ده میلیونیم ثانیه است .

اشعه کیهانی که منشأهای مختلف دارند ؛ به خصوص نیم-سنگین ها که نا پایداری دارند، عمر متوسطشان در حدود میلیونیم یا یک ده میلیونیم ثانیه است .

تعیین دقیق فاصله زمانی لازم برای اینکه چنین پدیده صورت بگیرد بستگی به شناختن طبیعت آن دارد، و لزوم آن را باید در فنون نیز باز شناخت .

اندازه گیری سرعت پدیده هائی که در هسته اتم قرار دارند بسیار مشکل بوده و لازم است ابتدا ساختمان ماده را دقیقاً بشناسیم .

خصوصاً هر گاه بخواهند از انرژی هسته ای استفاده نمایند باید فعالیت ها و اعمال ذرات هسته ای را کاملاً بشناسند .



در این بخش منظور ما استفاده از حرکات دوره ای و نتایج آنست .

برای این هدف مطالعه هسته ها در شرایط عمومی مورد استفاده بوده و ظهور اختصاصات نوری کیهانی مورد توجه است .  
برای مطالعه چنین نمودی ؛ دستگاه الکترونی خاصی ساخته اند . کار این دستگاههای الکترونی به طریقی است که باید انرسي آنها فوق العاده ضعیف بوده و کمترین تغییر شرایط محیطی را نشان دهند .

## مدار با تطابق تأخیر دار

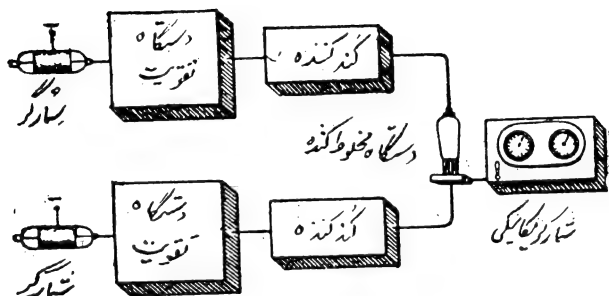
### Circuit à coïncidences Retardées

در این دستگاه غالباً از روش تطبیق تأخیرها استفاده می کنند .

در این روش مبنا اینست که دو موج درخین خروج از دستگاه معینی موجب حرکت عضو شمارو الکترون نهاده و دو علامت الکتریکی می گذارند .

نقش اساسی در این روش ارزیابی تأخیر علامت ها است . در ساختمان این دستگاه ( مطابق شکل ۴۱ ) ، دو تقویت کننده و دو دستگاه کند کننده قرار دارد که به يك ورقه مخلوط کننده متصل می گردند .

علامت ها و امواج در حالی که ابتدا و انتهای فاصله زمانی را که باید اندازه گرفته شود نشان می دهند وارد دستگاه شده و در آنجا هر يك دو باره از يك دستگاه تقویت کننده و يك دستگاه کند کننده می گذرند و پس از طی زمان لازم به ورقه مشبکی می رسند که از ورقه مخلوط کننده جدا و مستقل است .



شکل ۴۱- دستگاه مدار با تطابق تأخیردار

ورقه مخلوط کننده مانند استوانه دو، دری عمل می کند که می توان یکی از دو سوراخ آنرا مسدود نمود، به طوریکه روشنایی از آن نفوذ نکند. اگر هر دو سوراخ باز باشند در یک لحظه نور به داخل نفوذ می کند، به این طریق ورقه مخلوط کننده جز به یک جریان منفرد اجازه ورود نمی دهد، مگر وقتی که دو موج باهم وارد شوند.

روش تداخل تأخیرها توسط فیزیکدانان معروف روسی بنام ژ. ژدانو (۱) و آ. نا اومو (۲) برای مطالعه انوار کیهانی مورد آزمایش قرار گرفت. و به این وسیله هر یک از انواری را که بین نورهای کیهانی بودند به طور جداگانه مطالعه کردند. همچنین توانستند عمر متوسط اشعه بنام مزون (۳) را که در انوار کیهانی وجود دارد بدست آورند این عمر عبارت از تبدیل اشعه مذکور به یک الکترون و یک نوترون است.

عمل دستگاه برای اندازه گرفتن طول عمر متوسط این اشعه

- 1- (G. J. danove)      2- (A. Naoumov)  
3- (meson - u)

در حال استراحت بدو قسمت تقسیم می‌شود،  
اشعهٔ مزون چون از سرب نمی‌تواند عبور کند از این خاصیت  
استفاده کرده آنرا توسط قسمت اول دستگاه رسم می‌کنند .

قسمت دوم دستگاه حرکت الکترونی را که از متلاشی شدن  
مزون (u -) ناشی شده است رسم می‌نماید . فاصلهٔ زمان این دو  
لحظهٔ از روی رسم آنها به وسیلهٔ جریانی که تأخیر آن با این دو  
رسم منطبق باشد اندازه می‌گیرند .

اندازه‌گیرها ثابت کرده که عمر متوسط مزون (u -) در  
حال حرکت از  $\frac{2}{8}$  تا  $\frac{2}{9}$  میلیونم ثانیه است . که این رقم  
برای مزون (u -) در حال استراحت به  $2.7 \pm \frac{2}{15}$  میلیونم  
ثانیه می‌رسد .

به این طریق در فرضیهٔ مربوط به تعیین سن مزونها در حال  
استراحت و در حال حرکت اختلاف داشته و بهمین نسبت که ذکر  
شد با در دست داشتن یکی می‌توان دیگری را بدست آورد .

روش تطابق تأخیرها اجازه می‌دهد که زمانهای بسیار  
کوتاه حتی چند میلیاردم ثانیه را نیز محاسبه کنند.  
این نتایج در مدت‌های طولانی و واقعاً خسته‌کننده‌ای بدست  
آمده و محاسبات آن نتیجه مدت‌های مدید صرف وقت بوده  
است .

در واقع دستگاهی که با این روش کار می‌کند برای اندازه-  
گیری فاصلهٔ زمانهای فوق‌العاده کوتاه و تنظیم دستگاهها اندازه  
گیری به کار می‌آید .

اگر برای تعیین طول زمان پدیده از این وسیله استفاده شود  
لازم است که تعدادی از این دستگاه بدنالهم بسته شود تا بتوان  
مدت انجام پدیده را مطالعه کرد .

بسیار جالب است اگر این دستگاه را با ساعت شنی یا حتی

زمانسنج های دقیق مقایسه کنند .

برای اندازه گیری فاصله زمانهای فوق العاده کوتاه و حرکات فوق العاده سریع و پدیده های متغیر و یا جدا کردن دو پدیده ای که به دنبال هم صورت می گیرند از این دستگاه استفاده می شود .

## سنجش از روی اختلاف فاز

اگر دو چرخ شعاعی انتخاب کرده و از هر کدام يك میله شعاعی را به رنگ قرمز درآوریم و این دو چرخ را پهلوی پهلوی قرار دهیم، به طوریکه شعاع های قرمز درست روبروی هم باشند؛ هرگاه هر دو چرخ را باهم بحرکت درآوریم و سرعت آنها نیز یکنواخت باشد شعاع های قرمز رنگ همیشه مقابل یکدیگر خواهند بود .

اگر فرض کنیم سرعت هر چرخ يك دور در ثانیه باشد ، و هر دورا بایك سرعت ولی با اختلاف  $\frac{1}{4}$  ثانیه به حرکت درآوریم به طور واضح دیده می شود که شعاع های قرمز رنگ نسبت به هم زاویه دارند درحالیکه سرعت هر دو برابر بوده ، علت پیدایش زاویه بین دو شعاع را می توان فهمید .

حال این مسأله آسان است زیرا شعاع قرمز دوم به اندازه  $\frac{1}{4}$  محیط دایره که معادل  $36^\circ$  است  $\frac{36}{4}$  از دایره اول عقب تراسـت .

این اختلاف در تمام مدت چرخش و یا تا وقتی که سرعت ثابت است ثابت میماند .

به عکس اگر سرعت دوران چرخها را دانسته و نسبت زاویه بین دو شعاع را بدانیم و بخواهیم تأخیر دومی را به اولی پیدا کنیم

به طریق زیر عمل می نمائیم .

می دانیم که نسبت تأخیر دومی به اولی مثل نسبت زاویه دومی به اولی است.

مثلاً اگر نسبت زاویه ها  $\frac{1}{4}$  باشد ، معلوم است که تأخیر زمان از يك دور دایره کوچکتر بوده و به اندازه  $\frac{1}{4}$  محیط آن است .

اگر سرعت چرخش چرخها زیاد باشد ؛ زاویه انحراف شعاع های قرمز نیز نسبت به هم زیاد خواهد بود ، لیکن در تأخیر کم باید سرعت بسیار زیاد باشد تا اختلاف زاویه آنها نیز زیاد گردد .

بنابراین برای اندازه گیری فاصله زمانهای بسیار کوتاه باید به چرخها سرعت خارق العاده بدهیم . و برای اینکه دچار چنین مشکلی نشویم باید از دستگاههای الکترونی استفاده نمائیم . یعنی بجای استفاده از دو چرخ ، باید دو مولد که جریان متناوب سینوسی با دوره های تناوب زیاد دارند انتخاب کرد ، به طوریکه دوره های تناوب هر دو یکسان باشد .

اگر دو مولد درست در يك لحظه با هم شروع به کار کنند ، حداکثر و حداقل منحنی ها بر هم منطبق خواهند بود و در این صورت می گویند دو مولد هم فاز هستند یا اختلاف فازشان صفر است . اما اگر مولد دومی کمی دیرتر از اولی شروع به کار کند نقطه حد اکثر منحنی آن نسبت به نقطه نظیرش در منحنی اول تأخیر خواهد داشت ، در این صورت می گویند این دو مولد اختلاف فاز دارند .

اگر تواتر مولد تقریباً ۱۰ هزار دور در ثانیه باشد ، مدت هر يك از نوسانات  $\frac{1}{10000}$  ثانیه خواهد بود ، به فرض اینکه مولد

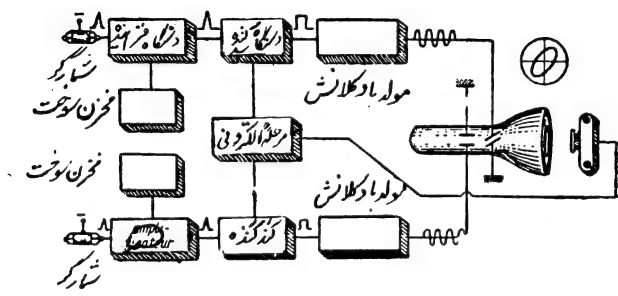
دوم باندازه يك میلیونم ثانیه نسبت به مولد اول تأخیر داشته باشد، اختلاف فاز بین آن دو باندازه  $\frac{1}{10}$  تواتر خواهد بود .  
 بعکس اگر بخواهیم اختلاف فاز بین نوسانات را بدانیم می توان تأخیر مولد دوم را نسبت به اول بدست آورد .

در مولدی که بادیوره تناوب زیاد کار می کند، فاصله زمان با اختلاف فاز بین نوسانات نسبت مستقیم دارد .  
 اینها اصول يك دستگاه سنجش با اختلاف فاز است که طرح آنرا مؤلف به صورت زیر بیان کرده است :

دو جریان الکتریکی که عمل محاسبه ما بر حسب اختلاف فاز آنها است وارد دستگاه می شوند .

هر يك از این جریانه ها به وساطت دستگاه فراینده جریان الکتریک را بازمی کنند، دو مولد دارای دوره تناوب زیاد بوده و بادیورانش (۱) کار می کنند و دارای تواتر یکسان می باشد .

( مطابق شکل ۴۲ )



شکل ۴۲ - دستگاه مبتنی بر اختلاف فاز

برای اندازه گیری؛ اختلاف فاز؛ یعنی نوسانات دومولد معمول است که ازورقه های منحرف کننده و نوساننگار کاتودی استفاده شود .

این مولد ، دسته الکترونها را در ورقه افقی ، و دومی آنها را به ورقه های عمودی میرساند .

به این طریق به دونوسان سینوسی که دارای يك تواترند حالت عمودی بین آنها نیزاضافه می گردد. این وضع روی صفحه حساس نوساننگار لیسائو (۱) ملاحظه می شود .

برای اختلاف فازبرابر صفريك خط مستقیم رسم می گردد که نسبت به صفحه مایل است .

وقتی اختلاف فاز زیاد باشد خط راست تبدیل به بیضی و دایره شده و برای اختلاف فازی که ازيك تواتر تجاوز کند دوباره تبدیل به يك خط راست ولی درجهت عکس می شود . و برای اختلاف فاز بسیار زیاد این عمل دوباره تکرار می گردد .

در اشکال بیضی (نسبت به نیمه محورش) می توان اختلاف فازرا تعیین کرد و بنا براین فاصله زمان را اندازه گرفت .

برای اندازه گیری فاصله زمانی بالاتر ازيك دور؛ به وسیله جریان مخصوصی که با دو کانال به دستگاه مربوط می شود ، از منحنی ها عکسبرداری می کنند .

این جریان برای عکسبرداری وارد دستگاه می شود. اگر فاصله زمانی بین امواج از نیم دوره تناوب تجاوز کند ، یعنی بعد از نیم دوره تناوب جریان دیگری وارد شود .

اختلاف آنها به چند دهم ثانیه می رسد و مدت چند دهم ثانیه شکل روی صفحه حساس کاتودی توقف می کند و به كمك آن

تشخیص عقب افتادگی و در نتیجه محاسبه زمان آسان می شود .  
 همچنین وقتی که فاصله زمانی اندازه گرفته شده خیلی  
 کوتاه هم باشد ، تصویر مدت زیادی روی صفحه حساس باقی  
 می ماند، به طوریکه می توان از آن عکسبرداری نمود .

در چنین دستگاه به کاربردن جریان های با دوره های تناوب  
 فوق العاده زیاد بیهوده است زیرا توقف تصویر اجازه می دهد  
 که نوساننگاری باشد کم و وضع ساده بنا بر دوره تناوب انتخاب  
 شده به کار رود .

دستگاه سنجش اختلاف فاز برای اندازه گیری فاصله  
 زمانهای در حدود میلیونیم ثانیه به کار میرود .

## دستگاه نوساننگار پرسامد

چنین دستگاهی برای اندازه گیری زمانهای فوق العاده  
 کوتاه و پدیده هایی که معمولاً منظم و تکراری نیستند از قبیل  
 مطالعات اتمی و هسته ای و رادیواکتیویته و اشعه نهادی به کار  
 می رود .

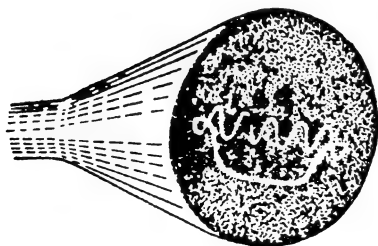
این دستگاه بعکس دستگاهی که قبلاً شرح داده شد  
 ( با انطباق تأخیرها ) عمل شمار را به طور مداوم انجام می دهد  
 و حسن آن اینست که می تواند به طور مستقیم رقم فاصله زمانی را  
 که اندازه گرفته شده اعلام نماید .

اصول ساختمانی این دستگاه به شرح زیر است :  
 توسط موادی دسته الکترونهاستگاه کاتودی با سرعت  
 زیاد به طرف صفحه حساس رانده می شوند .

در این وقت دو نوع موج به ورقه های منحرف کننده  
 می رسند .



اولین موج ؛ دسته الکترونها را که در محور لوله سیر می کند منحرف کرده و دومین موج دوباره دسته الکترونها را به محور اصلی خود می کشاند . در نتیجه دسته الکترونها با سرعت زیاد در طول محور تغییر مکان داده روی صفحه حساس نوساننگار يك منحنی به شکل U به طور معکوس ایجاد می کند . (مطابق شکل ۴۳)



شکل ۴۳

منحنی به شکل U وارونه مدراج به زمان

این منحنی اجازه می دهد که در طول زمان قضاوت شود. در انتهای دستگاه روی صفحه نازك حساس يك منحنی به شکل U وارونه و يك منحنی سینوسی با دوره تناوب معلوم ایجاد می گردد . از

مقایسه منحنی ها به سهولت می توان فاصله زمان مورد نظر را تعیین کرد. اگر بعنوان مثال دوره تناوب جریان متناوب سینوسی توسط مولدی ۱۰<sup>۷</sup> در ثانیه و منحنی به شکل U وارونه ، دارای طول مساوی ۴ منحنی سینوسی باشد زمان پدیده اندازه گرفته شده مساوی ۱۰<sup>-۷</sup> × ۴ ثانیه خواهد بود .

يك نوساننگار معمولی (کم بسامد) نمی تواند با این دستگاه کار کند ، زیرا زمانیکه برای رسم این منحنی صرف شده فوق العاده کوتاهتر از آن است که بتوان از آن عکسبرداری نمود. در يك نوساننگار پر بسامد با الکترونها بین الکترودهائی که دارای پتانسیل بیش از چندین ده هزار ولت است قرار دارند و در حالی که با سرعت حرکت می کنند به شدت به ورقه حساس

برخورد کرده و در نتیجه اشعه تندی برمی خیزد. لذا با همه سرعت دسته الکترونها می توان تصویر را آزمایش کرده و عکسبرداری نمود.

دستگاه با سامدزیادی می تواند بدون توقف مقدار زیادی از زمان را اندازه بگیرد و هیچگاه دستگاه را قبلاً برای اندازه گیری زمان معین میزان نمی کنند. چنین دستگاهی می تواند در حدود ملیاردم ثانیه را اندازه بگیرد.

بین سایر دستگاههای سنجش این دستگاه برای اندازه گیری سرعت تجزیه اغلب ایزوتوپ های رادیواکتیف و طول عمرانهدام آنها به کار میرود.

بمعنوان مثال دوره عمر رادیواکتیو ناشی از متلاشی شدن ایزوتوپ ۱۹۷ جیوه اندازه گیری شده و به ۷ ملیاردم ثانیه رسیده است.

عده ای از فعالیت های اتمی و هسته ای بازهم در زمانهای کوتاهتری صورت می گیرد.

لذا مسأله دیگری یعنی اندازه گیری زمان های هزار مرتبه کوچکتر از ملیاردم ثانیه پیش می آید. این تحقیقات هنوز ناکافی است.

در بعضی شرایط مسأله اندازه گیری بقدری اهمیت دارد که شناختن روش های اندازه گیری دقیق تر را می توان يك كشف بزرگ نامید.

دستگاهی که بتواند فاصله زمانهای بسیار کوتاهتر از این را اندازه بگیرد زمانگیر گفته می شود نه اندازه گیر زمان، یعنی به سرعت زمان حرکت می کند.

دستگاهی که شرح دادیم در مطالعه بعضی از مسائل مربوط

به ساختمان ماده و رادیوآکتیویته به کار می رود . و امتیازاتی  
بر سایر دستگاهها دارد .

دستگاههای اندازه گیری زمان به نوبه خود برای حل  
مسائل فیزیک و پدیده های جدید فیزیکی کشف شده؛ و برای ایجاد  
روش های جدید اندازه گیری زمان نیز مفیدند .

در فصول آینده از اندازه گیریهای تشعشات رادیوآکتیویته  
و اندازه گیری زمان های دراز بحث خواهیم کرد.

## مقدماتی به گذشته

### ساعت هزاره ها

باستانشناسان برای مطالعه گذشته انسان؛ تأسیس و گسترش و نابودی ملل را در اعصار گذشته مطالعه می کنند .

این مطالعات به وسیله ؛ ابزار ؛ اشیاء ؛ لباس ، لوازم زندگی ؛ اسلحه و یا هر چیز دیگری است که نمودار تمدن بشری باشد . اغلب این آثار از زیر خروارها خاک بیرون می آید .

از روی وسائل پیدا شده و چگونگی آنها به زردوخوردها و جنگها و ارتباط بین ملت ها می توان پی برد .

با این همه ؛ پیدا کردن سن واقعی شیئی پیدا شده کاری دشوار بود .

اکنون می پردازیم به اینکه چگونه عمر یک شیئی را تخمین میزدند ؟

در دشتهای وسیع روسیه زیر تل خاک ها گاهی جسد سربازان قدیمی را با اسلحه و لباس وزمانی با اسب و زین و اوراق آن پیدا کرده اند .

زیرا در عده ای از مذاهب معمول است که مرده را با همه اشیاء متعلق به او به خاک سپارند .

اگر جنگجویی بمیرد یا میمیرد ، نه تنها ساز و برگ جنگی ، بلکه اسب او را نیز همراهش دفن می کردند . و معتقد بودند که مرده باید همیشه با وسائل کافی مجهز باشد زیرا روزی به آنها احتیاج پیدا خواهد کرد .

پشته خاک های وسیع دشت های وسیع روسیه نشانه تمدن بسیار قدیمی ملتی است که آنجا میزیسته اند ؛ و اکنون هزاران سال از آن زمان می گذرد .

این قبیله بنام سارمات (۱) نامیده می شدند و گسترش زیاد داشته سرزمین آنها ، از مغرب به کارپارت (۲) و از مشرق به سرزمین های پامیر (۳) و آلتانی (۴) محدود بودند .

کشفیات اطراف ناحیه سمفروپول (۵) یعنی ناپل (۶) دوره تاریخی جدیدتری را نشان می دهد .

زیرالوازم زندگی کشف شده آنها نمودار اینست که مردم مذکور دارای تمدن تقریباً شهری بوده اند .

عمر این قبیله و تمدن آنها را از روی ساختمان قبرها و اشیاء داخل آنها تخمین میزنند .

اشیائی که در این نواحی پیدا کرده اند شامل ظروفی از ازگل پخته به سبک یونان و پارچه ها و آئینه های به سبک چینی ها بوده است .

این وسائل بخوبی ملیت اصلی این قبیله را نشان داده و معلوم می کند که از کدام سمت گیتی به این ناحیه روی آورده اند .

1- Sarmates      2- Carpathes

3- Pamir      4- Altaï

5- Simféropol      6- Naples de Scythie

حفریات ناحیه دنیپر (۱) نشان داده است که مردم آن جزء اولین ملتی بوده اند که به زراعت پرداخته ، و وسائل کشاورزی آنها از سنگهای تراشیده تشکیل می شده که ابتدائی ترین وسیله کشت و زرع محسوب می گردد .  
تاریخ زندگی این قبیله را به ۵۹۰۰ سال پیش نسبت می دهد .

تمدن و زندگی این ملت را میتوان به شرح زیر خلاصه کرد:  
از تصاویر حیوانات اهلی که روی سنگ یا ظروف کنده شده میتوان فهمید که این ملت به اهلی کردن عده ای از حیوانات موفق شده است .

کلنگها و تبرهای آنها دسته های چوبی دارد و غالباً به جای تیغه از شاخ گوزن استفاده کرده اند .

به جای چاقو از بقایای جانوری فسیل شده که اغلب لب تیز و برنده اند استفاده می کرده اند .

سنگهای تراشیده را جهت شیار کردن زمین و کاشتن دانه به کار برده اند .

مجسمه های گلی پیدا شده ؛ نمودار اینست که با همین وسائل ابتدائی می توانستند به شکار حیوانات وحشی بروند .

سایر وسائل زندگی آنها کاملاً نمودار تمدن بدوی آنها می باشد .

باستان شناسان اخیراً در ازبکستان (۲) شهری را زیر خروارها شن و ماسه یافته اند .

این تمدن متعلق به خوارزمها (۳) بوده که نسبت به

قدمت خود دارای تمدن جالبی بوده‌اند ولی هجوم قبایل وحشی آنرا ویران و خالی ازسکنه نموده است .

مردم قدیم مصر برای مرده‌ها اهمیت خاصی قائل بودند و شهر مرده‌های آنها دارای جاه و جلال بیشتری بوده است . آنها معتقد بودند که برای مقبول‌شدن مرده‌ها نزد خدایان باید آنها را با عطرهاى خوش معطر کرده و تابوت مردگان را به بهترین وجهی زینت بخشند و به عنوان ره آورد ثروت زیادی با آنها به خاک می‌سپردند و کلیه اشیاء و لوازم شخصی مرده را نیز با او دفن میکردند .

فراعنه مصر برای مرده‌ها شهرمی‌ساختند و برای خود نیز در آن قصور مجلل و باشکوهی برپا میکردند و اهرام امروزی مصر نمودار این طرز تفکر است .

از روی همین آثار پیداشده؛ وقایع تاریخی شامل حوادث جنگها ، تغییر رژیم حکومت ها حدس زده می‌شد و گاهی این وقایع بقدری تعیین می‌شدند که عده زیادی از وقایع نگاران بدون اطلاع از کارهم آنها تأیید میکردند .

دردست داشتن تاریخ مشخص چنین وقایعی به روشن شدن تاریخ کمک مؤثری می‌کند .

به عنوان مثال : یکی از حوادث بسیار قدیمی چین مربوط به دو منجم بنام کهی (۱) کهو (۲) است که چون نتوانستند کسوف را پیش‌بینی کنند در ۲۲۰۰ سال قبل از میلاد محکوم به مرگ شدند .

با محاسبه نجومی نیز توانسته‌اند به طور دقیق تاریخ این حادثه را حساب کنند و معین شده که وقایع نگاران تاریخ

حادثه را درست نوشته اند.

با وجود این ؛ تعیین دقیق تاریخ حادثه‌ای، یا عمر شیئی به این ترتیب فوق‌العاده نادر است . با علم به اینکه دانستن تاریخ هر ملت ضرورت کامل دارد و شناختن تمدن ابتدائی بشر لازمه دانش امروزی است ؛ باید روشی اتخاذ نمود که بتوان عمر اشیاء ساخته شده را فهمید و دستگاهی ساخت که قادر باشد عمر گذشته اشیاء و اجسام و تاریخ تمدن بشری را نشان دهد .

عمر اشیائی که ریشه حیاتی دارند به وسیله ساعتی که علمای رادیوشیمی شناخته‌اند محاسبه میشود .

این ساعت کربن رادیو آکتیو است .

بمحض اینکه يك باستانشناس پس از ماهها ، بلکه سالها زحمت و کارش چیزی یافت که منشأ حیاتی دارد لازم نیست به فرضیه و تخمین متوسل گردد و از زحمات خود احتمالاً نتیجه مطلوبی نیز بدست نیآورد ، بلکه جسم پیداشده را به مؤسسه رادیوشیمی می‌سپارد تا تاریخ دقیق آنرا باو بگویند .

## کربن رادیو آکتیو

زغال در طبیعت بیش از هر چیز فراوان است . در ساختمان مواد ، بخصوص مواد آلی عنصر اصلی و عضو دائمی کربن است .

کربن طبیعی سه ایزوتوپ دارد :

۱- کربن ۱۲ (وزن اتمی) که ۰.۹۸/۹ . زغال يك جسم آلی را تشکیل میدهد .

۲- کربن ۱۳ (وزن اتمی) که ۰.۰۱/۱ . از زغال يك جسم

آلی است .



۳- کربن ۱۴ (وزن اتمی) که نسبت آن بسیار کم است .  
 کربن های ۱۲ و ۱۳ از ایزوتوپ های پایدارند، ولی کربن  
 ۱۴ رادیو آکتیو می باشد، یعنی هسته این کربن ناپایدار بوده و  
 به نسبت گذشت زمان لاغر شده و سبک می گردد .  
 تشعشعات رادیو آکتیو کربن ۱۴ مانند اشتعالی است که مرتب  
 از وزن کربن می کاهد .

پس از اتمام عمل کاهش، کربن به يك الکترون مبدل  
 می گردد .

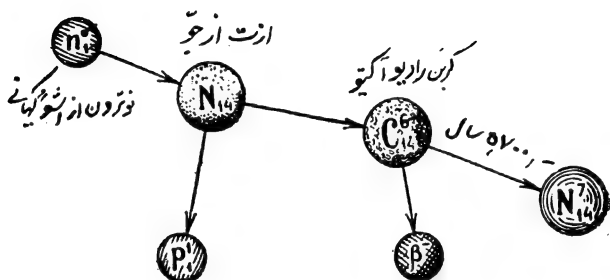
این کربن را با دستگاه تشعشع سنج (۱) مورد مطالعه قرار داده و  
 شدت تشعشعات آنرا می سنجند .

شدت تلاشی کربن ۱۴ بقدری است که مقدار آن بعد از  
 ۵۷۰۰ سال نصف می شود . و اگر به طریقی ساختمان این عنصر  
 تجدید نگردد، پس از چند صد هزار سال دیگر به طور کلی کربن  
 ۱۴ در سطح زمین از بین می رود .

کربن رادیو آکتیف به وسیله پرتو کیهانی ساخته می شود.  
 پرتو کیهانی شعاعی است که از فضای بین کواکب می آید و  
 حاوی مقدار زیادی انرژی است . و وقتی که به جو زمین می رسد  
 مقدار کمی از آن را به کربن ۱۴ رادیو آکتیو مبدل می کنند .

نوترونهای تشکیل دهنده اشعه کیهانی با نوترون ازت  
 جو برخورد کرده و با آن جمع میشوند . (شکل ۴۴)

کربن ۱۴ مانند سایر کربن ها میتواند با اکسیژن ترکیب  
 شده و انیدرید کربنیک بدهد و در طبیعت گردش کند. یعنی با عمل  
 کربن گیری وارد گیاهان شده و بزمین منتقل گردد، و یا به صورت  
 کربنات ها در آب دریا جمع شود و ...



شکل ۴۴ - طرح تشکیل و تلاشی کربن ۱۴

حیات و مرگ همه موجودات زنده همین تبادلات است .  
همواره گیاه از هوا و زمین موادی جذب کرده و آنها را به  
دیگری تبدیل مینماید .

در گیاهان عمل تشعشع کربن ۱۴ تا وقتی که گیاه زنده است  
متوقف بوده و پس از مرگ گیاه مانند کربن ۱۴ موجود در جو  
عمل میکند .

مثلاً اگر گیاهی در یک مدت معین ۱۰۰ گرم کربن به  
صورت های مختلف ( ریشه های موئین یا به وسیله برگ از هوا)  
دریافت کند، بی شک ۹۹ گرم آن ۱۲ و ۱۳ یعنی از کربن های باثبات  
و فقط یک گرم آن کربن ۱۴ خواهد بود.

به فرض اگر در این لحظه عمل مبادله گیاه قطع شده و  
در نتیجه گیاه بمیرد ، با گذشت زمان میزان کربن های باثبات  
بدون تغییر مانده و کربن ۱۴ به تناسب زمان مرتب کاسته شده  
متلاشی میگردد .

دوره رادیو آکتیو را به تو (T) نشان میدهند و این علامت

آنست که در این مدت نسبت جسم به نصف میرسد. به فرض اگر دریک درخت يك گرم کربن ۱۴ باشد.

پس از  $T = 5700$  سال بیش از نیم گرم کربن ۱۴ در درخت مذکور نخواهد ماند که بعد از  $T = 11400$  سال تنها  $1/2$  گرم و به این ترتیب هر چه جسم آلی قدیمی تر باشد نسبت درصد کربن ۱۴ آن کمتر خواهد بود.

به وسیله کاهش کربن ۱۴ می توان عمر عنصری را که ریشه حیاتی دارد اندازه گرفت.

مطلب مهم دانستن نسبت درصد کربن رادیو آکتیو جسم است. میزان کربن ۱۴ و سایر کربن ها دریک جسم زنده همان نسبتی است که در جو وجود دارد. و این نسبت به طریق زیر محاسبه می گردد.

برای هر يك گرم کربن مخلوط، ۱۲ اتم (کربن ۱۴) وجود داشت، بعد از مرگ عضو زنده تبادل کربن با جو قطع می شود، به طوریکه در يك گرم کربن مخلوط بدست آمده (به وسیله سوزاندن) از يك درخت بعد از ۵۷۰۰ سال هنوز ۱۶ اتم کربن ۱۴ وجود خواهد داشت.

این روش باید مانند تمام روش های علمی با تجربه ثابت گردد. تا اطمینان حاصل شود که عمر سنج قرن ها را حساب می کند و ساعتی است که نه عقب می ماند و نه حرکت آن سریع تر می شود.

## آزمایش ساعت هزاره ها

تشعشعات رادیو آکتیو کربن ۱۴ مانند سایر تشعشعات رادیو آکتیو به كمك شمارگر گیگر (۱) اندازه گرفته میشود.

شمارگر گیکر فوق العاده حساس بوده و قادر است تشعشعات را جداگانه تعیین کند .

در عصر حاضر اندازه گیری رادیوآکتیو اجسام مطلب ساده ای است، لیکن با وجود این ساختن هزاره سنج یعنی دستگاهی که بتواند قرنهای گذشته را محاسبه کند کار آسانی نیست. برای امتحان کربن ۱۴ باید جسمی را که ریشه حیاتی دارد بشناسیم و بدانیم که بطور دقیق عمر آن چند سال و متعلق به چند قرن پیش است. سپس با کربن ۱۴ موجود در آن آزمایش کنیم و به این وسیله صحت عمل را ثابت نمائیم .

برای تحقیق در عمل کربن ۱۴، هفت نمونه پیدا کرده و آزمایش نموده اند. و متناسب بودن تشعشعات رادیوآکتیو کربن ۱۴ را با زمان بطور دقیق به ثبوت رسانده اند. این ۷ نمونه از چوب بوده و بقرار زیر است :

۱- قطعه چوبی از کاج، متعلق به منطقه معتدله پیدا شده که سن آن از روی دوایر موجود روی چوب و کربن ۱۴ مساوی  $۱۳۷۲ \pm ۵۰$  سال تعیین شده است .

۲- يك تابوت مصری که تاریخ آن مشخص بوده و با محاسبه نیز  $۲۱۴۹ \pm ۱۵۰$  سال نشان داده شده است .

۳- قطعه چوبی که متعلق به یکی از بناهای قدیمی سوریه و مربوط به  $۲۶۲۴ \pm ۵۰$  سال قبل بوده است .

۴- انتهای تنه درختی بنام ماموت (۱) که از روی حلقه های موجود در آن به ۱۰۳۱ تا ۹۲۸ سال قبل از عصر ما تعلق داشته است. و با کربن ۱۴ نیز عمر آن همین اندازه یعنی  $۲۹۲۸ \pm ۵۲$  سال تعیین شده است .

۵- یکی از تخته های تابوی سزوستریس (۲) فرعون مصر که

متعلق به  $۳۷۹۲ + ۵۰$  سال قبل بوده است.

۷۰۶- يك قطعه چوب از جنس سرو آزاد متعلق به قبر سنا فرو (۱)

و دیگری چوبی از درخت اقا قیا متعلق به قبر ژوسر (۲) که هر دو مربوط به  $۷۵۰ + ۶۰۰$  سال قبل بوده اند.

قبور سلاطین گذشته و تابوت های آنها بهترین وسیله آزمایش دستگاه ساعت هزاره ها است. نسبت کربن ۱۴ رادیو آکتیو موجود در درخت ها و چوب های قدیمی به مراتب کمتر از درختان زنده است. مثلاً بهمان نسبتی که يك تخته از چوب کاج از يك درخت امروزی کاج کربن ۱۴ کمتری دارد، بهمان نسبت عمر آن نیز زیادتر بوده است.

در يك گرم کربن مخلوط از کاج متعلق به  $۱۳۲۷$  سال قبل هنوز  $۱۱$  اتم کربن ۱۴ وجود داشت. و در چوب تابوت مصر که  $۲۱۴۹$  سال از عمرش میگذشت تقریباً  $۹/۵$  اتم در حال تغییر بود. و در چوبی که از قصر قدیمی سوریه متعلق به  $۲۶۲۴$  سال قبل در يك گرم کربن مخلوط  $۹$  اتم کربن ۱۴ را در حال تغییر یافتند. بالاخره در نمونه  $۲۹۲۸$  ساله  $۸/۵$  اتم کربن و در نمونه  $۳۷۹۲$  ساله  $۸$  اتم و در نمونه  $۴۶۰۰$  ساله  $۷$  اتم کربن ۱۴ را در حال تغییر مشاهده کردند.

تاریخ دقیق این اشیاء معلوم بود و محاسبه با کربن ۱۴ رادیو آکتیو نیز آنها را تأیید کرد.

باین ترتیب توانستند با کربن ۱۴ رادیو آکتیو در ۷ مورد بین  $۱۳۷۲$  تا  $۴۶۰۰$  سال را بدون کمترین اختلافی در مورد اشیائی که ریشه حیاتی داشته اند آزمایش کرده و عمر آنها را محاسبه نمایند.

## هزاره سنجی با کربن رادیو آکتیو

در ساعت‌های شنی و آبی و شمعی ملاک اندازه‌گیری زمان ریزش شن، آب و یا سوختن شمع بود. و تمام شدن آب یا شن و میزان سوختن شمع زمان را اندازه می‌گرفت.

ساعت با کربن ۱۴ رادیو آکتیو نیز چنین وضعی دارد، زیرا با تشعشعات از وزن کربن کاسته شده و نسبت کم شدن کربن مأخذ سنجش است.

ساعت کربن رادیو آکتیو صفحه و عقربه ندارد. محاسبه سن جسمی که ریشه حیاتی دارد خود مسأله‌ای در علم رادیوشیمی (۱) است.

دانشمند علم رادیوشیمی، برای تعیین سن يك قطعه چوب آنرا می‌سوزاند و کربنش را بدست می‌آورد. کربن حاصل مخلوطی از سه ایزوتوپ است. که دو نوع آن یعنی کربن‌های بوزن اتمی ۱۲ و ۱۳ در تعیین سن جسم مورد آزمایش هیچگونه ارزشی ندارد. تنها کربن ۱۴ رادیو آکتیو که بمقدار کم در مخلوط یافته میشود برای ارزیابی زمان مورد استفاده قرار می‌گیرد.

برای اینکار کافی است يك گرم از مخلوط را کنار دستگاه شمارگر رادیو آکتیو قرار دهند.

در اینصورت دستگاه بتعداد اتم کربن ۱۴ موجود در نمونه؛ منحنی رسم میکند.

در واقع دانستن تعداد اتم کربن رادیو آکتیو جسم شناختن عمر آنست زیرا تعداد اتم کربن ۱۴ در اصل معلوم است و با اندازه‌ای که کاسته شده از عمر آن گذشته است.

با این روش میتوان سن هر جسمی را که در آن ماده سوختنی موجود باشد معلوم کرد .

مطالعاتی که در دانه کرده وهاگ (۱) گیاهان فسیل بعمل آمده، در تعیین سن آنها نتایج جالب داشته است .

در ایران عده ای از باستان شناسان با کاوش های خود استخوانهایی بدست آورده اند که اطراف آنها بقایای کفهای پارچه ای پیدا شده و آزمایش نشان داده که متعلق به ۸ تا ۱۱ هزار سال قبل بوده است .

درشوروی نیز باستان شناسان در کلیه حفاریها و کاوش های خود برای تعیین سن اشیاء مکشوفه از رادیو آکتیو کربن ۱۴ استفاده مینمایند .

درغاری بنام لاسکو (۲) واقع درفرانسه که دیوارهای آن بوسیله مواد رنگی نقاشی شده بود آزمایش با کربن ۱۴ نشان داد که به ماقبل تاریخ تعلق داشته و از عمر نگارش آنها ۹۰۰ + ۱۶۵۵ سال میگذرد .

استفاده از رادیو آکتیو کربن ۱۴ امروز متداول شده است .

مخصوصاً بقایای زغالی اجسام ماقبل تاریخ یا صدفها و اجسامی که مورد استفاده انسانهای اولیه بوده اند بخوبی مورد استفاده قرارمیگیرند .

اطراف معبد خورشید واقع در پرو (۳) مقداری صدف، طناب و بقایای جانوری بدست آمده که آزمایش نشان داده متعلق به چند صدیا ده ها هزار سال پیش بوده است .

- 
- 1- Spore      2- Lascau  
3- Pérou

کشف رادیوآکتیو کربن ۱۴ در روشن کردن تاریخ حیاتی  
زمین نقش مؤثری دارد .

در مصر جووگندمی یافته اند که متعلق به ۲۵۰۰+۶۰۹۵  
سال قبل بوده است .

در عراق صدف حلزونی متعلق به ۳۰۰+۶۷۰۷ سال قبل  
پیدا شده است .

در کرانه های بحرال میت طوماری که نوشته همراه دارد  
پیدا شده و متعلق به ۲۰۰+۱۹۱۷ سال پیش بوده است .

در آمریکا درغار فرت راک (۱) يك جفت کفش متعلق به  
۳۵۰+۹۰۵۳ سال قبل پیدا شده است .

محققین روسی مدتها است برای مطالعه بمناطق یخبندان  
میروند دسته ای از آنها در جزیره تایمیر (۲) ماموتی (جانوری  
شبه فیل که نسلش منقرض شده است . مترجم) یافته اند که  
هیچگونه تغییری نکرده و مدت ۱۲ هزار سال بین یخها سالم مانده  
است .

برای تعیین سن این حیوان قسمتی از زردپی آن را سوزانند  
و با رادیوآکتیو کربن ۱۴ آنرا اندازه گرفتند .

با این روش میتوان سن کلیه اجسامی را که ریشه حیاتی  
دارند تا ۲۰ هزار سال بخوبی معلوم کرد .



## سنن صور مختلف زندگی روی زمین

### سنن سنگهای زمین

قبل از بیان مشکلات تعیین دقیق سن زمین بهتر است با وسائل مختلف بجای چند هزار سال، فاصله زمانهای چند میلیونی را محاسبه نمائیم .

به این وسیله نه تنها به عمر طولانی اشیائی که دارای ریشه حیاتی است پی می بریم ، بلکه سن سنگها را نیز تشخیص خواهیم داد .

یافتن چنین راهی ؛ نه تنها در علوم زیستی ( گیاهی و جانوری ) بلکه در صنعت معادن نیز مفید بوده و نقش مؤثری دارد .

حال باید دید که به چه وسیله می توان از وقایع هزارها ، بلکه میلیونها سال پیش آگاه شد ؟

چه آثار و علائمی می توانند در تعیین تاریخ مفصل زمین ما را یاری کنند ؟

نوشته ها ، نقاشی ها و سایر آثار انسانی هرگز از چند هزار

سال قبل تجاوز نمی کند و حال آنکه منظور ما مطالعه چند هزار سال قبل نبوده ، و می خواهیم به قلب قرون و اعصار برویم . می دانیم هر چه از زمان حاضر دورتر گردیم کار مطالعه نیز مشکل تر می شود .

زیرا به تناسب دوری زمان ، تمدن انسانی کمتر است . و گاهی پیشروی در قرون گذشته بجائی می رسد ، که در افق تاریخ تاریخ جز خطوط کج و بی نظمی روی دیوار غارها بنام نقاشی انسانهای اولیه ؛ و یا تراش نامنظم سنگها ، چیز دیگری دیده نمیشود .

در این زمان انسانها برای حفظ جان خود به غارها پناه برده ، و اجتماعشان از چند نفر تجاوز نمی کرده است .

غارها به تناسب قدمت تنگتر و تاریکتر انتخاب شده و عجز انسانهای گذشته را در قبال عوامل طبیعی و حیوانات تأیید می کند و مسائل دفاعی این انسانها هرگز از سنگهای نوک تیز و یا شاخ بلند حیوانات تجاوز نمی کرده است .

گاهی انسانهای قدیمی را در حالیکه زانوها را در بغل گرفته ؛ و پوست حیوانی بدنشان را پوشانده است یافته اند . در کنار این انسانهای منفرد اغلب سنگهای دراز و یا تبر سنگی و غیره نیز دیده شده است .

این انسانها که روزی هیچ نقطه ای از جهان برایشان خالی از خطر نبوده ، امروزه بر طبیعت و همه موجودات آن حکومت می کنند .

برای روشن شدن چگونگی این تحولات ، باید سن اشیاء مورد استفاده این موجودات را بشناسیم تا در واقع این اجسام از وقایع زمان با ما سخن بگویند .

در اسپانیا غاری کشف شده که به هزاران سال قبل تعلق دارد.

این غار به تناسب زمان محل سکونت انسانها و حیوانات وحشی بوده است.

دسته ای از این موجودات مدتها زیسته و سپس نابود شده اند و توده ای خاك اجساد آنها را پوشانیده است.

پس از مدتی مجدداً در غار زندگی آغاز شده و باز به مرگ و نابودی منجر گردیده است...

در این غار ۱۳ متر خاك برداری شده و آثار و بقایای انسانی و جانوری فراوانی بدست آمده است.

در اولین قسمت یعنی طبقه فوقانی مقداری استخوان انسان همراه با خنجر مثلی شکل برنزی پیدا شده است. این اسکلت، و خنجر متعلق به ۲۰۰۰ سال قبل می باشد.

کمی پائین تر استخوان گوزن شمالی؛ همراه با استخوان انسان، و تعدادی وسائل زندگی یافته شده که عمر همه آنها نیز در حدود دو هزار سال است.

۲ متر پائین تر، استخوانها و ابزار زندگی یافته اند که به ۱۰/۰۰۰ سال قبل تعلق دارد.

يك متر پائین تر، آثار جانوران درنده نظیر گرگ های يك شاخ پرپشم و خرس پیدا کرده اند.

در عمق بیشتر، تبر سنگی و سنگهای سمباده برای تراش سنگ های دیگر پیدا کرده اند که به ۵۰/۰۰۰ سال قبل تعلق دارد.

طبقات منظم خاك های این غار تاریخ هزاران سال را در دل خود مدفون کرده اند.

مطالعه و تحقیق در این غار ثابت کرده که برای هر ۲۵

سانتیمتر رسوب ۱۰۰ سال وقت لازم است ،

باستانشناسان با مطالعات خود در گوشه و کنار کره زمین ثابت کرده اند که تمدن هرگز ناگهانی و یکدفعه ای نبوده ، بلکه برای تکمیل آن مدتی وقت صرف شده و پیشرفت آن بمرور انجام گرفته است .

بین ۱۲ تا ۲۵ هزار سال قبل در سطح زمین موجودی زندگی می کرده که دارای صورت پهن و حجمه دراز بوده که ماهیچه های جونده بسیار داشته است و ما آنرا انسان کرومانیون (۱) می نامیم .

بین ۲۵ تا ۵۰ هزار سال پیش کره زمین شاهد موجود دیگری بوده که صفات و اختصاصات آن حد واسطه انسان و میمون بوده است .

قوس ابرویش برآمده ، زانوهاش کمی خمیده ، تقریباً فاقد چانه بوده است .

همراه با این موجود وسائل دفاعی ، از قبیل تبر سنگی ، خنجر سنگی ، نیزه سنگی ، و غیره پیدا شده ، و ما این موجود را آدم نئاندرتال (۲) می نامیم .

انسان پالدوان (۳) بین ۱۰۰ تا ۱۲۵ هزار سال قبل در سطح زمین میزیسته و نظمی که در زندگی این انسان مشاهده می شود ، او را از میمون ها جدا می سازد .

این انسان از پوست حیوانات دیگر بعنوان پوشاک استفاده می کرده و در سنگهایی که از آنها وسائل دفاعی می ساخته کمی تغییر شکل داده است .

- 
- 1- Cro – Magnon      2- Néanderthal  
3- Paldouan

این آدم‌ها و انسانهای قبل از آنها، برای تهیه خانه و مسکن از سهل‌ترین وسیله طبیعی یعنی چوب درختان استفاده نمی‌کرده‌اند.

درواقع می‌توان گفت قبل از ۱۲۵ هزار سال پیش در زندگی از وسائل چوبی مطلقاً بهره‌ای برده نشده است.

انسان میمون-آدم (۱) تقریباً در این عصر میزیسته، قامتش نسبتاً راست و سرش بسیار شبیه میمون، کمان ابروانش کاملاً برجسته؛ سرش پهن و مغز او نصف مغز انسانهای فعلی بوده است. قبل از این دورانها به دوره‌ای میرسیم که انسانی پیدا نشده و تنها حیوانات عظیم‌الجثه و گیاهان بزرگ وجود داشته‌اند. قبل از ظهور انسان؛ در سطح زمین پستانداران بسیار متنوع و درهوا پرندگان مختلف حکومت می‌کرده‌اند.

در آب نیز ماهیان میزیسته‌اند.

تمام این دره‌ها در قبل زمین فاقد جاندار، (دوره زندگانی تازه) نامیده می‌شود.

این دوره تقریباً ۵۵ میلیون سال به طول انجامیده و دوره کاینوریک (۲) نامیده میشود.

دوره قبل از (دوره زندگانی تازه) ۱۳۵ سال طول کشید و دارای تابستانهای طولانی و گرم و درختانی است که در آنها دوایر متحدالمرکز نشانه منطقه معتدله دیده نمی‌شود.

گسترش منطقه گرم در این دوره به قطب هم رسیده و تابستان در تمام سال ادامه داشته است.

در آن دوره سوسمارهای عظیم‌الجثه نظیر برونوتوزور (۳) دیده شده که وزنش ۳۰ تن یعنی معادل ۳۰ فیل آفریقائی امروزی

- 
- 1- Pithécantropes      2- Caynorique  
3- Brontosauire

بوده است.

طول این جانور ۲۰ متر بوده و انسان برای اینکه طول آنرا به پیماید باید ۳۰ قدم بردارد .

این دوره بنام (دوره زندگانی متوسط) با مزوزوئیک (۱) نامیده شده است .

در پایان این دوره آب و هوا سرد شده و کلیه جانوران متعلق به آب و هوای گرم از بین رفته اند .

سپس دوره دیگری آغاز گردید که ابتدای آن ۶۰۰ میلیون سال، و پایان آن ۳۴۰ میلیون سال پیش بوده است.

این دوره آرام بوده و آب و هوای گرم داشته ، لیکن گاهی منطقه سرد در کره زمین گسترش می یافته است. در ابتدای این دوره زندگی فقط به اقیانوسها و دریاها اختصاص داشته و جانورانی نظیر تریلوبیتها (۲) که به خرچنگهای امروزی شباهت داشته اند، زندگی می کرده اند .

دسته ای از جانوران بنام ارکئوسیت (۳) نیز میزیسته اند که می توان آنها را حد واسط بین اسفنج ها و مرجان ها محسوب کرد .

استخوانبندی این جانوران آهکی ، و رشته های نازک ریشه مانندی آنها را به سنگ های اعماق دریا می چسبانده است . ماهیان و اولین گیاهان در این دوره ظاهر گردیده وعده ای از جانوران دریا به خشکی آمده و به زندگی در آن سازش حاصل نموده اند .

در اواخر این دوره ، اجتماعات جانوری در دریا و خشکی توسعه یافتند. جنگل های انبوهی از سرخس ها و دلبوت ها (۴)

- |                |               |
|----------------|---------------|
| 1- Mésozoïque  | 2- Trilobites |
| 3- Archéocites | 4- Préles     |

سراسر زمین را مستور کردند .  
 در این وقت دیگر اثری از تریلوبیت ها دیده نشده است .  
 اما ماهیان بحداکثر تنوع رسیده اند .  
 دوره قبل از آن بنام دوره ( صبح زندگانی ) ( ۱ ) معروف است .

قدیم ترین خشکی های شناخته شده تقریباً به ۱/۵ میلیارد سال قبل تعلق دارند ، لیکن طبقاتی که دارای فسیل یعنی بقایای جانداران است از ۷۰ میلیون سال پیش تجاوز نمی کند .  
 ظهور زندگی بسیار ابتدائی نظیر آثار توده های کوچک ژله مانند پروتوپلاسم در آب های نیم گرم و اقیانوس ها به یک میلیارد سال می رسد .

تحقیقات دقیق چینه شناسی در آثار حیاتی دورانها ، قدمت موجودات ساده را بر جانداران دارای ساختمان پیچیده ثابت می کند .

از علم چینه شناسی در کاوش معادن بسیار استفاده می گردد .  
 شناختن سن سنگها و دانستن صفات آنها بهترین وسیله برای معرفی چگونگی تشکیل رسوب و رخساره های سنگ ها است .

امروزه در زمین شناسی روش شناختن عمر سنگها جزء کارهای معمولی است .

سابقاً ، اساس شناختن سن نسبی طبقات رسوبی طرز قرار گرفتن آنها به طور موازی روی یکدیگر بود ، لیکن بعلت وجود چین های رورانده و خمیده و واژگون و فرسایش آنها اساس اینکار درهم میریزد ؛ لذا وجود فسیل های مشخص بهترین نمودار قدمت طبقات است .

مسلّم است که به این ترتیب باز نمی توان سن زمین را معلوم داشت ، بلکه فقط می توان اعلام کرد که کدام طبقه جدیدتر از دیگری است .

علاوه بر این بسیاری از نقاط مورد مطالعه فاقد فسیل مشخص اند ، و مهمتر از همه مطالعه طبقات زمین در دورانی که جاننداری در سطح زمین نمی زیسته و گسیختگی طبقات منظم نیز به مراتب بیشتر بوده ، کارچینه شناسی را دچار اشکال می کند . و تنها روش شناسائی طبقات از روی تعیین عمر سنگها می تواند جوابگوی این مسائل باشد .

در روسیه شوروی مراکز متعددی برای تحقیق سن طبقات زمین وجود دارد و کارهای بسیار مهمی هم در آنها انجام شده است .

در این راه کوشش دانشمندانی نظیر و.خلوپین (۱) وی - استاریک (۲) و وبارانو (۳) بیش از سایرین بوده و در نتیجه مسأله محاسبه ملیارد ها سال را که در بدو امر پیچیده و بغرنج بنظر می رسید کاری عادی و معمولی شده است .

## اولین قدم در راه محاسبه چندین میلیون سال (ساعت هزاره ها)

هنوز دو قرن از اولین قدم در راه سنجش عمر اعصار نمی گذرد . در سال ۱۷۱۵ هالی (۴) روشی بنام (ساعت نمکی)

- 
- |               |              |
|---------------|--------------|
| 1- V-Khlopine | 2 - I-Starik |
| 3- V-Baranov  | 4- Halley    |



پیشنهاد کرد .

اساس این روش به قرار زیر است :

آب دریاها و اوقیانوس ها دراصل شیرین است ، لیکن رودخانه هایی که به آنها وارد می شوند به علت حل بستر نمکی خود مقداری نمک به دریا می برند . ورود این آبها نیز قادر نیست طعم شیرین آب دریا را به شوری تبدیل کند ، اما تبخیر دائم موجب می گردد که پس از هزارها و میلیون ها سال به غلظت آب دریا افزوده شود . و این خود وسیله ای برای شناسائی عمر دریاها است .

باروش هالی عمر زمین بین ۶۰ تا ۳۵۰ میلیون سال تشخیص داده می شود .

مطلبی که صحت این ارقام را مورد تردید قرار می دهد ، یکنواخت نبودن فرسایش رودخانه ها و نمکی نبودن بستر همه آنها است .

لذا مجدداً روش دیگری بوسیله هالی پیشنهاد شد .

این روش محاسبه قطر رسوباتی است که توسط رودخانه ها وارد دریا می گردند .

میزان مواد رسوبی تخریبی رودخانه ها ، درسال به صدها میلیون متر مکعب میرسد .

محمولات رودخانه هوانگ هو (۱) یعنی رودخانه زرد که به اقیانوس کبیر می ریزد به قدری زیاد است که بخشی از اوقیانوس کبیر به دریای زرد معروف است .

مواد شناور در آب دریا ها کم کم ته نشین شده و فشار آب آنها را متراکم و فشرده می کند به طوریکه سنگ های رسوبی و شستی حاصل می شود .

ضخامت خاک کره در حدود ۱۰۰ کیلومتر است، اگر برای هر متر رسوب بین ۳ تا ۱۰ سال وقت لازم باشد برای تشکیل چنین پوستهان بین ۳۰۰ تا ۱۰۰۰ میلیون سال وقت صرف شده است .

این روش نسبت به روش قبلی دقیق تر می باشد . اما چون شدت حمل مواد رودخانه ها در تمام فصول وقرون یکسان نبوده لذا با زهم این طریق قابل اعتماد نیست .

هیچیک ازدو روش بالا برای تعیین سن دقیق زمین ، ویا طبقه معینی از آن معتبر نیستند ولی می توانند راهنمای خوبی محسوب گردند .

## ساعت هزاره رادیو آکتیوی (سنجش میلیونها و میلیارها سال)

ساختمان اتمی سنگها ، فرق اساسی عناصر و مواد متشکله آنها است .

عده ای از عناصر ، ساختمان اتمی ثابت دارند، مثلاً دو نوع کربن ( بوزنهای اتمی ۱۲ و ۱۳ ) هیچگاه تغییر نمی کنند . فقط بر اثر فشار و درجات حرارت فوق العاده ؛ سنگی بوجود می آورند که بی نهایت سخت بوده و الماس نامیده می شود .

کربن با اکسیژن دو نوع ترکیب می دهد :

۱ - انیدرید کربنیک ( $\text{CO}_2$ )

۲ - اکسید دو کربن ( $\text{CO}$ )

گیاهان سبزینه دار به کمک سبزینه خود از خورشید انرژی می گیرند و با آن  $\text{CO}_2$  جذب کرده و آنرا به صور مختلف در

آورده و در ساختمان سلول خود وارد می کنند .  
 پس از مرگ گیاه و جانور از بقایای اجساد آنها ئیدرو -  
 کربوها ، مانند نفت بوجود می آید .  
 بعد از این تغییرات مجدداً کربن از گیاه جدا شده و در  
 ترکیبات جدیدی وارد می شود . بر اثر سوختن مواد نفتی دوباره  
 انیدرید کربنیک بوجود می آید و سیر اول را آغاز می کند .  
 ترکیب شیمیائی ماده هیچگاه در هسته اتم تغییری ایجاد  
 نمی کند بلکه تنها الکترونهاى مدار خارجی اتمها اساس ترکیب  
 شیمیائی را تکوین می نمایند .  
 آزمایش و تجربه ثابت کرده است که حرارت های چند  
 هزار درجه ای فشار بیش از چند هزار جوهم نمی توانند ساختمان  
 اتمی عناصر ثابت را عوض کنند .  
 لیکن تغییرات فیزیکی اتم ها در شرایط معینی بسیار  
 آسان است .  
 عده ای از عناصر که به نام عناصر رادیو - آکتیو نامیده  
 می شوند متناسب با زمان ذرات هسته خود را از دست می دهند .  
 نمونه این عناصر کربن ۱۴ رادیو آکتیو است که قبلاً  
 شرح داده شد .  
 در تشعشعات رادیو آکتیو هر عنصر به ۳ اشعه  $\alpha$ ،  $\beta$ ،  $\gamma$  و گاما ( $\gamma$ ) تجزیه می شوند .  
 اشعه  $\alpha$  ذرات هسته و اشعه  $\beta$  ذرات الکترون و لی اشعه  $\gamma$ ،  
 اشعه الکترو مغناطیسی هستند که حاوی انرژی فوق العاده  
 می باشند .  
 از اجتماع دو الکترون و یک جزء از اشعه  $\alpha$  یک اتم  
 خنثای هلیوم تشکیل می گردد .  
 پس اگر هلیوم های متراکم شده در یک قطعه سنگ را حساب

کنیم؛ به کمک عدد به دست آمده می توان به مقدار جسم رادیو آکتیو پی برد.

دوره تناوب ایزوتوپ های رادیو آکتیو بایکدیگر مختلف است.

مثلاً دوره تناوب جیوه چند میلیارد ثانیه و دوره تناوب یکی از ایزوتوپ های اورانیوم چند میلیارد سال است.

دوره تناوب عناصر کاملاً معین بوده و این میزان مشخص تحت اثر هیچیک از عوامل طبیعی تغییر پذیر نیست.

ثابت شده است که سرعت تشعشات رادیو آکتیو عناصر مختلف (باستثنای چند عنصر) تحت هیچیک از عوامل فشار و حرارت تغییر نکرده و حتی در ترکیبات شیمیائی مختلف نیز ثابت می باشد، درعین اینکه دوره تناوب عناصر مختلف متفاوت است این دوره برای هر عنصر معین تغییر ناپذیر می باشد.

وجود عناصر با دوره تناوب طولانی وسیله ای برای محاسبه عمر سنگی است که از آن عنصر در ساختمانش وارد است.

دوره تناوب عناصر، سرعت انتشار ثابت تشعشات رادیو آکتیو می تواند ساعتی بشمار رود که کمترین تغییری نکرده و عوامل گرما و سرما و فشار و غیره نمی توانند در نظم کار آن اثری داشته باشند.

پس عناصر رادیو آکتیو با گذشت زمان تغییر ساختمان می دهند، و میزان عنصر تغییر یافته یا باقی مانده می توانند وسیله سنجش زمان باشد.

عناصر متغیر دارای دوره تناوب متفاوت می باشند؛ لیکن بین آنها عناصری که دوره تناوب طولانی دارند به کار اندازه گیری زمان می آیند و مهمترین آنها عبارتند از:

اورانیوم (۱) ، توریم (۲) و اکتینیوم (۳) و غیره .  
 نتیجه نهائی تشعشات رادیوآکتیو این عناصر سرب است  
 یعنی اورانیوم و توریم و اکتینیوم پس از طی دوره تناوب خود  
 به سرب بدل می شوند .

ایزوتوپ اورانیوم به وزن اتمی ۲۳۸ از سایر ایزوتوپها  
 فراوانتر است و در مخلوط اورانیوم به نسبت ۹۹/۲۷۶ درصد  
 وجود دارد که پس از گذراندن يك دوره تناوب به سرب به وزن  
 اتمی ۲۰۶ تبدیل می گردد .

در جریان این تبدیل رویهم ۸ جزء آلفا و ۶ جزء بتا  
 منتشر می شود .

یکی دیگر از ایزوتوپهای اورانیوم که نسبت آن در مخلوط  
 کم است آکتیو اورانیوم (۴) به وزن اتمی ۲۳۵ است . پس از  
 دوره تناوب این عنصر به سرب به وزن اتمی ۲۰۷ تبدیل میگردد  
 که عنصری ثابت است نسبت این ایزوتوپ در مخلوط اورانیوم  
 ۷۱۹/ درصد است .

در جریان تشعشات رادیوآکتیو؛ آکتیو اورانیوم، ۷ جزء  
 آلفا و ۴ جزء بتا منتشر می شود .

توریم به وزن اتمی ۲۳۲ از سومین خانواده عناصر رادیو  
 آکتیو بوده و عمر درازی دارد این عنصر پس از گذراندن دوره  
 تناوب ( يك دوره تشعشات رادیوآکتیو) به سرب به وزن اتمی  
 ۲۰۸ بدل می گردد .

در تمام جریان این انتشار رادیوآکتیو ۶ جزء آلفا و ۴  
 جزء بتا منتشر می شود .

1-Uranium

2- Thorium

3- Acténium

4- Active - uranium

ایزوتوپ سرب به وزن اتمی ۲۰۴ دارای ریشه رادیو اکتیو نیست .

سرب معمولی مخلوطی از چند نوع سرب است که وزن اتمی متوسط آنها ۲۰۷/۲ می باشد .

طبق تقسیم بندی بارانو (۱) نسبت در صد ایزوتوپ های سرب به شرح زیر است :

سرب به وزن اتمی ۲۰۴ به نسبت کل مخلوط ۰/۱۱/۲ .

» » ۲۰۶ » » ۰/۲۴/۵

» » ۲۰۷ » » ۰/۲۱/۳

» » ۲۰۸ » » ۰/۰۵۳

دوره های تناوب عناصر مختلف رادیو اکتیو بخوبی محاسبه و ثبت گردیده است .

بعنوان مثال عمراورانیوم به وزن اتمی ۲۳۸ ، ۴/۴۹۸ میلیارد سال است .

این دوره دراورانیوم ۲۳۲ ، ۱۳/۹ میلیارد سال و برای اکتیو اورانیوم به وزن اتمی ۲۳۵ ؛ ۷۰۷/۰ میلیارد سال است .

در پایان هر ۱۰۰ میلیون سال از هر کیلو اورانیوم ، ۱۳ گرم سرب و ۲ گرم هلیوم بدست می آید .

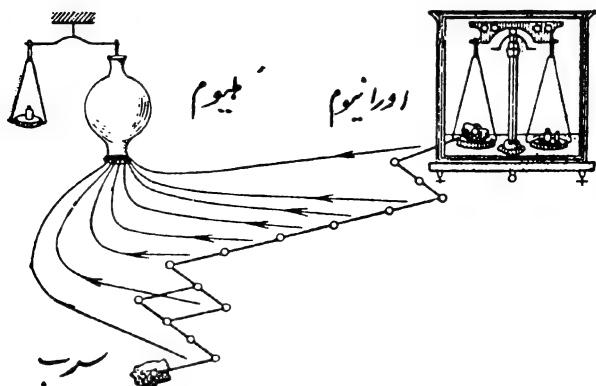
سنگی که شامل یک کیلو گرم اورانیوم باشد پس از ۲ میلیارد سال ، ۲۲۵ گرم سرب و ۳۵ گرم هلیوم می دهد . بعد از ۴ میلیارد سال ۴۰۰ گرم سرب و ۶۰ گرم هلیوم از آن به دست می آید ، و نیم کیلو گرم اورانیوم باقی می ماند .

میزان هلیومی که بدو در سنگ وجود داشته و هلیومی که هنگام آزمایش در آن است می تواند زمان گذشته را نشان دهد .

برای اینکار سنگ مزبور را نرم سائیده و پس از مدتی جوشانیدن در اسیدی حل می‌کنیم. در نتیجه اورانیوم، توریم و اکتینیوم حل شده و هلیوم آزاد می‌گردد.

مقایسه مقدار اولیه ماده رادیو آکتیو ( اورانیوم، توریم اکتینیوم) موجود در سنگ معدنی با مقدار هلیوم وسیله‌ای برای بدست آوردن رابطه بین تشعشعات رادیو - آکتیو و عمر سنگ است.

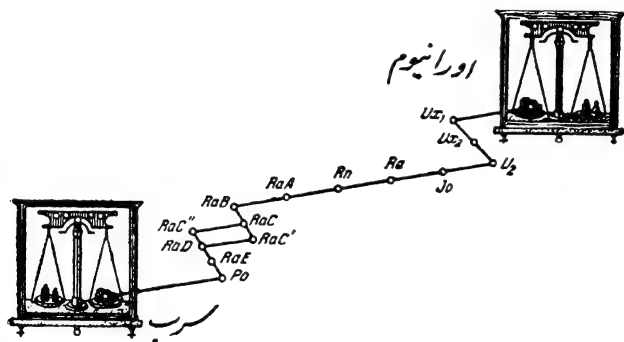
این روش محاسبه عمر سنگها به طریقه هلیوم معروف است (مطابق شکل ۴۵).



شکل ۴۵ - طرح تعیین سن سنگها به روش هلیوم

در روش سرب، (مطابق شکل ۴۶) از مقدار سرب تشکیل شده و اورانیوم تبدیل شده با در دست داشتن دوره تناوب عنصر مذکور عمر سنگ را محاسبه می‌نمایند.

این روش سربی که نتیجه بسیار دقیق می‌دهد در زمین‌شناسی



شکل ۴۶ - طرح تعیین سن سنگها به روش سربی

مورد استفاده قرار می گیرد. در این روش به عوض مقایسه مقدار سرب تشکیل شده و اورانیوم ؛ مقدار نسبی ایزوتوپ های سرب را بایکدیگر مقایسه می کنند .

به این معنی که مقداری از يك سنگ که دارای ایزوتوپ های مختلف سرب، حاصل از ریشه های مختلف است می گیرند و مقدار این ایزوتوپ ها را به کمک دستگاه طیفسنج (۱) تا چند هزارم تقریب به دست می آورند .

از مقایسه این اختلاف سن سنگ را تا چند هزارم تقریب به دست می آورند .

در سنگ هایی که عمل محاسبه تا چند میلیارد سال است نسبت تقریب هم تا چند میلیون سال می باشد .  
از عنصر آرگون (۲) نیز می توان در تعیین سن سنگها استفاده کرد .



پتاسیم به وزن اتمی  $\cdot ۴۰$  رادیوآکتیو بوده و اشعه  $\beta$  آن کلسیم  $\cdot ۴۰$  را تشکیل داده و با جلب يك الكترون درمдар ( $K$ ) بدل به آرگون می شود .

چون عمل تبدیل کلسیم به آرگون دائمی و دارای سرعت ثابت است ، با پیدا کردن نسبت ارگون  $\cdot ۴۰$  به کلسیم  $\cdot ۴۰$  در يك سنگ می توان سن آنرا معلوم کرد.

باید به این نکته توجه داشت که امکان دارد مقداری ارگون فاقد ریشه رادیوآکتیو قبلاً در سنگ وجود داشته و یا مقداری ارگون دارای ریشه رادیوآکتیو از بین برود .

آزمایش های متعدد ثابت می کنند که آرگون از بین رفته به قدری ناچیز است که می توان از آن صرف نظر کرد و از طرفی مقدار آرگون به وزن اتمی  $۳۶$  یعنی آرگونی که فاقد ریشه رادیوآکتیو است بسیار کم بوده و به يك صدم هم نمی رسد . و نسبت آرگون  $\cdot ۴۰$  ( دارای ریشه رادیوآکتیو ) به آرگون  $۳۶$  ( ارگون ثابت ) بدون تغییر می باشد .

چون دوره تناوب پتاسیم ( $K$ )  $۱/۳۱$  میلیارد سال است با روش ارگون پتاسیم بهتر می توان سن سنگها را تشخیص داد . باید به این نکته توجه داشت که راههای ذکر شده ، سن سنگها را از آغاز تشکیل ذرات بلوری در سنگ نشان می دهد ، نه از آغاز تشکیل عناصر مشکله سنگ .

علت اینست که تا قبل از تشکیل بلور تشعشات رادیوآکتیو در آنها باقی مانده و از لحظه تشکیل بلور به بعد منتشر می گردد . مسئله سنجش اعصار ، به کمک رادیوآکتیو با روش های هلیوم ، سرب و آرگون در صنعت معادن از نظر کشف و استخراج رگه ها و توده های معدنی ، فوق العاده حائز اهمیت است .

از این وسیله برای تعیین عمر زمین نیز می توان استفاده کرد .

قدیمی ترین زمینی که شناخته شده اورانی نیت دوکارلی شمالی (۱) است که عمر آن بالغ بر  $1/6$  میلیارد سال می باشد و دیگری زمین اورانی نیت دومانیتوبا (۲) که  $1/8985$  میلیارد سال از عمر آن می گذرد .

هیچیک از مواد معدنی که تا کنون شناخته شده عمرشان از دو میلیارد سال تجاوز نمی کند .

لیکن هرگز نمی توان تصور کرد که اولین پوسته جامد زمین دو میلیارد سال پیش تشکیل شده باشد .

زیرا مواد معدنی برای تبلور در ابتداء تشکیل زمین، یا در یکی از شرایط تغییر پوسته زمین به زمان درازی احتیاج داشته اند، مسلم اینکه تشکیل مواد از تبلور آنها قدیمی تر است .

لذا با محاسبات و تخمین، عمر زمین را بین ۳ تا ۵ میلیارد سال می دانند ،

- 
- 1- Uraninita de la carelie
  - 2- Uraninita de Manitoba

آیا می‌توان عمر خورشید و سایر ستارگان را معین کرد ؟  
 آیا عمر خورشید بیش از زمین است یا عکس آن؟ و یا زمین  
 و خورشید هر دو در يك زمان بوجود آمده‌اند ؟  
 آیا وضع و ساختمان ستاره‌ها همیشه به صورت امروزی بوده  
 یا تغییر و تحول فراوان دیده‌اند ؟  
 آیا ستارگان به تدریج، سرد می‌شوند ؟

## انرژی خورشید و ستارگان

مطالعه انرژی خورشید و ستارگان به همه سؤالات بالا جواب  
 می‌دهد. خورشید ۱۵۰ میلیون کیلومتر از زمین فاصله دارد. و نور  
 با سرعت ۳۰۰ هزار کیلومتر در ثانیه ؛ این فاصله را در ۸ دقیقه  
 و ۲۰ ثانیه طی می‌کند .

نور فاصله زمین تا ماه را در  $\frac{1}{3}$  ثانیه و فاصله مسکو و لنینگراد  
 را در  $\frac{2}{1000}$  ثانیه می‌پیماید .

ارقام بالا برای مقایسه عنوان شد .  
 زمین از خورشید نور و حرارت می‌گیرد و مسلم است که این

انرژی از خورشید کاسته می شود.

مطالعهٔ عمر خورشید تنها به کمک این دو پدیده (نور، گرما) میسر است. با توجه به این نکته تعیین سن سایر ستارگان دشوارتر می باشد.

اگر در آسمان صاف به نظاره ستارگان بپردازیم، تنها در یک قسمت بالای سر خود هزاران نقطه درخشان می بینیم. اگر با تلکسوپ قوی فقط به یک نقطه آسمان بنگریم ستارگان فراوانی دور و نزدیک خواهیم دید.

نزدیکترین ستاره ها بزمین، دو ستاره پروکسیما (۱) و آلفا دوسانتور (۲) هستند که برای رسیدن نورشان بزمین ۴ سال وقت لازم است.

دورترین ستاره ای که تاکنون با دستگاههای مجهز دیده شده، بقدری از زمین دور است که ۵۰۰ میلیون سال طول می کشد تا نور آنها بزمین برسد.

پس مسلم است که نور ستارگان دور، یاحتی نزدیک که ۴ سال نوری از زمین فاصله دارد، به مقدار بسیار کم به زمین می رسد.

آیا این مقدار نور برای معرفی ستاره کافی است؟ آیای میتوان به این وسیله ترکیبات و ساختمان ستاره و یا عمر آن را معین کرد؟

جواب سؤالات بالا مثبت است.

مطالعهٔ مقدار و ترکیب نور ستارگان بسیاری از مشکلات کیهانی را حل کرده و به کشف بسیاری از معماهای جهان کمک کرده است.

### خورشید نزدیکترین ستاره به زمین است .

همه نیروهای زمین و آثار حیاتی آن ناشی از خورشید است و به همین جهت تیمیریازف (۱) مینویسد: «غذاها منبع نیروی اندام های ما ، چیزی جز ذخیره انرژی خورشید نیستند ؛ پس انسان حق دارد ، خود را پسر خورشید بنامد .»

س- واولوف (۲) عضو آکادمی شوروی مینویسد : «تغییر تعداد لکه های خورشید ؛ اثر محسوسی بر زمان و در نتیجه گیاهان و غیر مستقیم روی تمام موجودات زنده روی زمین دارد .»

گاهی در مناطق گرم درختانی دیده میشوند که اگر ۱۰ مرد دست به دست هم بدهند بدور آن نمی رسند . مطالعه سن این گونه درختان که گاهی هزاران سال از عمرشان می گذرد فوق العاده جالب است .

سن درخت از روی دوایر متحدالمرکز استوانه مرکزی آن معلوم می گردد .

امریک درخت تنومند بسیار قدیمی که بر اثر طوفان شکست ، از روی دایره های استوانه مرکزی آن چند هزار سال تعیین شد . در این درخت هر ۱۱ حلقه یک بار عرض دایره تغییر کرده بود . محاسبه نشان داد که این تغییر وقتی روی داده که لکه خورشید در جهت آن منطقه قرار گرفته است .

زیرادر تنه درختان فسیل و زغال شده متعلق به سال های بسیار دور هرگز چنین تغییری دیده نشده است . این تجربه ، تغییر نور و حرارت خورشید در اعصار گذشته

نسبت بزمان حاضر نشان می‌دهد .

مطالعات زیستی دورانهای گذشته نشان می‌دهد که تاریخ ظهور انسان روی زمین از ۵۰۰ هزار سال تجاوز نمی‌کند و حال آنکه تاریخ پیدایش حیات به يك میلیارد سال میرسد .

نور و حرارت عوامل مؤثر در تشکیل ساده‌ترین ذرات آلی و کوچکترین واحدهای حیاتی است و این شرایط میلیونها سال برای تکمیل واحدهای حیاتی مناسب نبوده و موجودات آلی در شرایط آب و هوایی بوجود آمده‌اند که مسلم با خصوصیات ابتدائی زیستی اختلاف کامل داشته‌است .

این موضوع نیز می‌تواند دلیل کاملی برای وجود اختلاف درجه حرارت و نور خورشید در فاصله يك میلیارد سال باشد.

وجود دوره‌های یخ‌بندان دلیل سرد شدن خورشید یا تغییر درونی زمین نبوده بلکه بعلت عبور منظومه شمسی از داخل توده‌ای بخار سرد بوده‌است .

انرژی که از خورشید به زمین می‌رسد فوق‌العاده زیاد است، بطوریکه انرژی وارد بريك سانتیمتر مربع در مدت يك دقیقه ( در حدجو ) می‌تواند يك گرم آب را ۱/۹۴۳ درجه سانتیگراد گرم کند. ( این عدد ثابت حرارتی خورشید است ).

مجموعه انرژی که از خورشید به زمین می‌رسد؛ میلیاردها مرتبه زیاده‌تر از کلیه انرژی‌های الکتریکی روی زمین است . این مقدار انرژی بیش از دو میلیاردم انرژی خورشید نیست .

انرژی ستارگان دیگر بمراتب بیش از انرژی خورشید است. ولی بعلت بعد مسافت، زمین مقدار کمی از انرژی آنها را

جذب می نماید .

سطحی بوسعت يك سانتی متر مربع از رویه خورشید نوری مساوی نور يك لامپ ۵۰ هزار شمعی منتشر می سازد .

یعنی پرتو خورشید ۱۰ هزار مرتبه از نور پلاتین در حال ذوب، و ۱۰۰ مرتبه از قوس الکتریکی شدید تر است .

اگر به ازای هر کیلووات ساعت انرژی خورشید دو کوپك (  $\frac{1}{4}$  روبل ) پرداخته شود، هزینه يك ثانیه انرژی خورشید برای زمین؛ مساوی يك میلیون روبل ( ۱۰ میلیون کوپك می شود ) .

## منبع انرژی خورشید و ستارگان

خورشید این انرژی عظیم را از کجا می آورد ؟  
آیا می تواند برای مدتی نامحدود به همین اندازه صرف  
انرژی کند؟ آیا خورشید می سوزد ؟

اگر خورشید فقط از کربن و اکسیژن تشکیل می شد برای  
چند هزار سال می توانست این همه نور و حرارت بدهد ؟  
احتراق عملی شیمیائی است و خورشید خیلی گرم تر از آنست  
که در آن ترکیبی وجود داشته باشد که موجب احتراق گردد .  
انرژی عظیمی که خورشید مصرف مینماید از مدت ها قبل  
توجه دانشمندان را جلب کرده است .

لرد کلون (۱) عقیده داشت ؛ که گرمای خورشید ۱۰  
بلکه ۱۰۰ میلیون مرتبه از گرمای امروزی بیشتر بوده،  
و از آن نتیجه گرفت که عمر خورشید می تواند بین ۱۰۰

تا ۵۰۰ میلیون سال باشد .

این عدد تقریبی و تخمینی در مقابل عددی که امروزه با محاسبات دقیق بدست آورده اند بسیار ناچیز است .

بنابه تئوری شهابی: خورشید توده عظیمی است که حرکات و تلاقی ذرات آن انرژی جنبشی را به انرژی حرارتی و نورانی تبدیل کرده، و انتشار این همه انرژی ناشی از این فعالیت است.

طبق تئوری بالا، برای ایجاد این همه انرژی باید حجم خورشید فوق العاده بیشتر از حجم فعلی آن می بود .

از طرف دیگر اگر در قسمت های سطحی خورشید این همه گرما ایجاد می شد، قسمت های داخلی بمراتب گرم تر از طبقه روئی بوده و در نتیجه بر اثر گرمای زیاد تبخیر شدید ایجاد میشد، بطوریکه طبقات سطحی خورشید را بصورت بخار در فضا منتشر می ساخت و عمل کاهش خورشید خیلی سریعتر انجام می گرفت .

تئوری فوق در مقابل مشاهده و استدلال بزودی کنار رفته و بدست فراموشی سپرده شد .

هلمولتز (۱) نظریه خود را بشرح زیر بیان کرد: «انرژی خورشید نتیجه تراکم آنست. یعنی خورشید تحت تأثیر نیروی جاذبه کم کم فشرده تر شده و بر اثر فشار زیاد ایجاد حرارت میکند ، و انرژی نورانی و حرارتی خورشید از آن ناشی می شود».

محاسبه نشان میدهد که اگر انرژی خورشید ناشی از فشار باشد باید تا کنون حجم آن بسیار نقصان یافته باشد و اگر تصور



کنیم، حجم اولیه خورشید بسیار زیاد بوده و تا امروز به حجم کنونی رسیده، باز انرژی حاصل کفاف بیش از بیست میلیون سال را نمیدهد یعنی عمر خورشید تا امروز ۲۰ میلیون سال میشود و حال آنکه این رقم در قبال سن واقعی خورشید بسیار ناچیز است. بنابراین تنها تراکم خورشید برای ایجاد این همه انرژی کافی نیست.

انتشار رادیو اکتیو طبیعی همیشه — و ام با صرف انرژی فراوان است؛ اجسامی نظیر اورانیوم یا رادیوم، با تشعشعات رادیو اکتیو انرژی بسیاری پخش می‌کنند.

بعنوان مثال، یک گرم رادیوم برای تبدیل به سرب بقدری انرژی منتشر می‌کند که می‌توان با آن جسمی بوزن یک تن را ۶۸۵ کیلو متر بلند کرد.

عده‌ای از دانشمندان انرژی خورشید را حاصل تغییرات هسته‌ای میدانند. برای ایجاد انرژی برابر انرژی منتشره خورشید، حجمی مساوی حجم خورشید منحصراً از اورانیوم لازم است و حال آنکه ثابت شده  $\frac{1}{3}$  توده خورشید از یدرژن تشکیل شده است.

در خورشید علاوه بر یدرژن مقدار بسیار زیادی هلیوم وجود دارد و اجسام سنگین در آن فوق‌العاده کم است. لیکن در سایر ستارگان مقداری عناصر سنگین یافت می‌شود.

تشعشعات رادیو اکتیو اورانیوم به‌کندی و مستقل از کلیه عوامل خارجی صورت می‌گیرد و حال آنکه انوار ستارگان مربوط به حرارت داخلی آن‌ها است.

ستارگانی وجود دارند که شعاع آن‌ها ده‌ها مرتبه بیش از شعاع خورشید است. این ستارگان بمراتب گرم‌تر از خورشیدند.

یکسان نبودن انوارستارگان، وعدم متابعت انتشار نور و گرما از حرارت مرکزی ستاره ؛ هیچ يك مؤيد وجود اجسام رادیو آکتیف طبیعی که منتشر کننده این همه انرژی باشند ، نیست .

اگر به مقدار انرژی که خورشید در يك ثانیه منتشر می کند توجه گردد، و در نظر داشته باشیم که این انتشار میلیاردها سال ادامه دارد، تئوری های بالا خود بخود مردود خواهد بود.

**گرچه تراکم و فشار در ایجاد انرژی مؤثرند اما نمی توانند منبع اساسی انرژی خورشید باشند.**

دردوره های ابتدائی حیات يك ستاره، تراکم می تواند در بالا بردن حرارت داخلی آن مؤثر واقع شده و مقدمه تغییرات هسته ای را در آن ایجاد نماید .

تراکم ابتدائی يك ستاره، و نیروی جاذبه ای که قسمت های مختلف را بداخل می کشاند، موجب باز شدن چشمه انرژی هسته ای ستاره می گردد .

امروزه تشکیل يك ستاره را بصورت زیر توجه می نمایند:

**تحت تأثیر نیروی جاذبه به تدریج توده عظیمی از بخارات فشرده شده و انرژی حاصل از این تراکم درجه حرارت داخلی را فوق العاده بالایی برد . این تراکم آنقدر ادامه می یابد تا انرژی آن برای فعالیت های هسته ای معین کافی باشد .**

اختلاف فاز این تغییرات تدریجی ، فعالیت گرمای هسته ای را آغاز می کند .

در خورشید و سایرستارگان که انرژی فوق العاده دارند ، عامل ایجاد کننده این همه انرژی عنصر ئیدرژن است که به هلیوم

تبدیل می‌گردد .

هسته ایزاتم‌های ئیدرژن یعنی  ${}^2\text{H}$  پروتون بعد از يك دوره تغییرات هسته‌ای تشکیل يك اتم هلیوم می‌دهند.

نتیجه این تغییرات، انرژی فوق العاده‌ای است که خورشید در هر ثانیه مصرف می‌نماید .

از گرمای ایجاد شده ؛ جنس سوختنی تشخیص داده می‌شود ، زیرا هر جسمی بر اثر سوختن گرمای معینی ایجاد می‌کند .

مقدار گرمائی که يك گرم یا يك كيلوگرم از هر جسم می‌تواند تولید نماید مقدار ثابتی است که برای همه اجسام ثبت گردیده است .

توانائی حرارتی يك گرم ئیدرژن که به هلیوم تبدیل‌شود ۱۵۰ میلیارد کالری است. این مقدار گرما ۲۰ میلیون مرتبه بیش از حرارت يك گرم از بهترین زغال می‌باشد . امروزه در کوره های بزرگ ، بجای زغال یا سایر مواد سوختنی از چنین تبدیل هسته‌ای استفاده می‌گردد .

درستاره‌ها تبدیل ئیدرژن به هلیوم نقش سوختن چوب یا زغال را دارد .

حال که دانستیم منبع انرژی خورشید و ستارگان چیست ؛ باید بدانیم خورشید چگونه توانسته است تا کنون این همه گرما را حفظ کند؟ این انتشار انرژی از چه زمانی شروع شده و تا کی ادامه خواهد یافت .

برای مطالعه این مطالب باید به ترکیبات ساختمان خورشید

پی بردو مقدار ئیدرژن، یا هلیومی را که در آن متراکم است محاسبه نمود. یعنی باید دید که از این ماده سوختی چه مقدار بصورت ذخیره درخورشید باقی مانده و چه مقدار آن تا کنون به هلیوم مبدل گردیده است .

## ترکیب و عمر خورشید و ستارگان را چگونه تعیین میکنند

ترکیب ستاره را بوسیله نور آن معین کرده و به این ترتیب ستاره را می شناسند .

این موضوع در علم نجوم فوق العاده حائز اهمیت است.

اساس دستگاه تشخیص نور بقرار زیر است :

صفحه ماتی را در مقابل يك حباب الكتریکی فوق العاده قوی قرار می دهند، وسط صفحه شكاف فوق العاده باریکی وجود دارد؛ پشت این شكاف منشوری است که در فاصله معینی از آن صفحه سفیدی قرار داده اند .

يك قطعه فلز ملتهب داخل حباب الكتریکی نور می دهد ( نور سفید )، نور از شكاف باریك به منشور رسیده و به ألوان ساده تقسیم می گردد و روی صفحه سفید نوار خوش رنگی ایجاد می کند که همان طیف پیوسته است .

نور حاصل؛ از سوختن جسم سختی بدست آمده ، اما این نور ذرات آن جسم سخت نیست - بلکه این نور بستگی بدرجه حرارتی دارد که جسم می تواندسته ایجاد کند.

خاصیت نوری گاز کاملاً از اجسام سخت متمایز است .

نمونه آنها نورثون (۱) و نورآرگون (۲) و غیره است.  
اگر نورگازی را به وسیله منشور تجزیه کنیم طیف منقطع بدست می آید . (شکل ۴۷)



شکل ۴۷ - طیف منقطع نیدروژن و هلیوم

با مشاهده تجزیه طیفی می توان جسم سوختنی را تشخیص داد. چنانچه جسم سوختنی مخلوط باشد . می توان با نشانه هایی که روی صفحه سفید ( محل نورهای ساده ) گذاشته شده عناصر موجود در مخلوط را تشخیص داد و حتی نسبت درصد مخلوط آنها را نیز محاسبه کرد .

این طیف بنام تجزیه طیف مخلوط نامیده می شود .  
باروش تجزیه طیف مخلوط ، می توان کلیه عناصر موجود در مخلوط را هر چه هم ناچیز باشد محاسبه کرد .

دقت این تجزیه بحدی است که اگر در مخلوطی یک صد هزارم از عنصری وجود داشته باشد قابل تشخیص خواهد بود .

با دستگاه مجهز تلسکوپ و میزان دقیق آن ستاره معینی را رصد می کنند و نور ستاره مذکور را وارد دستگاه نموده ، و آن را به وسیله طیفسنج تجزیه کرده و ترکیب آن ستاره را معین می نمایند .

با ملاحظه نوع حرکت جسم سماوی اندازه آن را تعیین ؛ و با در دست داشتن عناصر مشکله آن وزن ستاره را نیز معلوم می کنند .

باتهیه طیف های متوالی از یک ستاره، نسبت هیدرژن وهلیوم  
 آنرا بدست می آورند . (شکل ۴۷)  
 ازروی مقدار هلیوم متراکم شده ویا ازروی ئیدرژن موجود  
 در آن عمر آنرا تعیین می کنند .  
 بنابر محاسبات آ - سورنی (۱) مواد متشکله خورشید  
 عبارتند از :

۱- ئیدرژن ۰/۳۸

۲- هیلوم ۰/۵۹

۳- سایر عناصر ۰/۰۳ (ازت وکربن ۰/۰۱)

ازروی نسبت ئیدرژن موجود وهلیوم حاصل، سن  
 خورشید را بین ۳ تا ۵ میلیارد سال تخمین میزنند .

با اینکه مطالعه تاریخ ستارگان تقریباً مشکل و کاری  
 بی فایده است باوجود این، ستارگان متعددی رامورد مطالعه قرار  
 داده اند . علت اصلی این مطالعات پیدا کردن منشاء اختلاف تغییرات  
 آنها است .

امروزه نه تنها وجود ستارگان زیادی ثابت گردیده ،  
 بلکه اطلاعات دقیق وارزنده ای درباره آنها بدست آمده است  
 خورشید ازبدو تشکیل تاکنون انرژی سرشاری پخش می  
 کند . وبه این جهت می توان فهمید که خورشید خیلی سریع به  
 این صورت درآمده ، وتحولات امروزی آن از شدت سابق افتاده  
 است یعنی از دوره بلوغ گذشته بااین همه بازخورشید میلیاردها  
 سال عمر خواهد کرد .

امروزه به علت تراکم گاز هلیوم از شفافیت خورشید کاسته  
 شده است .

و این خود موجب تسریع در تبدیل ئیدروژن ، یا سوختن خورشید است .

**پایان این کار زمانی است که انرژی خورشید دفعته فوق العاده شده و نورش هزاران بار زیادتر گردد و پس از آن بسرعت خاموش گردد .**

ولی شاید خورشید بتواند ده ها میلیارد سال دیگر به این وضع ادامه دهد .

ذخیره ئیدروژن بعضی ستارگان بمراتب بیش از خورشید است .  
 علمای نجوم : آمبارتسومیان (۱) و رونتسف (۲) و لیامینف (۳) و کوکارکین ثابت کردند که : در کهکشان ما مسن ترین ستاره صد هزار میلیارد ساله است و از عمر جوانترین آنها ۱۰ میلیون سال می گذرد .

آمبارتسومیان ( ۱۹۴۷ ) عقیده دارد که ستارگان پراکنده ای وجود دارند که ریشه مشترکی داشته اند و عمرشان از ۱۰۰ میلیون سال تجاوز نمی کند ، ولی از ستاره ای که به وجود آورنده این ستارگان بوده اطلاعی در دست نیست .

بین این توده های ستاره ای ، ستارگان جوان به دنبال هم با اشعه تند از نوع ولف رایه (۵) نشان می دهند که چند میلیون سال از عمرشان نمی گذرد .

نتیجه اینکه سیر تحولات ستارگان و توده های ستاره ای در کهکشان ما تا امروز هم ادامه دارد .

تعیین سن خورشید و سایر ستارگان در حل بسیاری از مطالب مربوط به اصل و مبنای ستاره نقش مهمی دارد .

- 
- |                  |               |
|------------------|---------------|
| 1- Ambartsoumian | 2- Vorontsov  |
| 3- Véliaminov    | 4- Koukarkine |
| 5- Wolf - Rayet  |               |

## پیشرفت علوم در تحقیقات فضائی و محاسبه زمانهای طولانی

### مقیاس فضا و زمان

چرا دنیا به نظر اجداد ما كوچك و ناچیز بود ؟  
برای آنها ؛ فضا و جهان به كوه و دریائی محدود می شد  
كه به چشم می دیدند .  
از گذشته و آینده ی دنیا خود اطلاعی نداشتند و حساب زمان  
را نمی دانستند .

برای مردم بدوی بزرگی اعداد از ۳۰ و ۲۰ تجاوز نمی  
کرد ؛ یکی از محققین از قبیله ای وحشی حکایت می کند كه برای  
اعداد بزرگتر از ۲۰ ، موهای خود را پریشان می کنند و بدین  
وسیله عظمت عدد را نشان می دهند .

افراد یکی از قبایل بومی معروف برزیل بنام باكائیری (۱)  
به ون دان استثنان (۲) گفته اند كه جد بزرگشان هنگام خلقت



عالم حضور داشته است .

یونانیان قدیم نیز جهان را کوچک می پنداشتند .

پس از مدت ها ، از جان گذشتگی دریا نوردان موجب ارتباط مردمان سواحل مدیترانه گردید .

یکی از دانشمندان یونانی بنام اراتوستن (۱) توانست به وسیله ساعت آفتابی ، اندازه تقریبی نصف النهار زمین را بدست آورد .

ارشمیدس (۲) در کتاب معروف خود ( حساب دانه های شن ) .

عقاید ارسترخس (۳) را درباره جهان به این شرح بیان می کند :

ستارگان و خورشید ثابت اند ، زمین بدور خورشید مسیر دایره ای می پیماید . و فاصله زمین از ستارگان بی نهایت زیاد است .  
لیکن نظریه بالا گسترش نیافت .

به عقیده بطلمیوس (۴) که در قرن دوم بعد از میلاد در شهر اسکندریه ( از بناد مصر ) می زیست : زمین ثابت بوده و مرکز عالم است و خورشید و ستارگان دور آن می گردند  
این عقیده بیش از ۱۵۰۰ سال بر جهان حکومت کرد .

بنابر تورات : جهان شامل زمینی است مسطح و دایره شکل که بر فراز آن گنبد عظیمی افراشته شده و زیر آن ابر و ستارگان قرار دارند . در تورات به حرکت

1-Eratosthène

2- Archimède

3- Aristaque

4- Ptolémés

## زمین و خورشید و ستارگان اشاره‌ای نشده است .

تمام دستورات دینی براینست که : دنیا خلق شده است ، ولی هیچیک از آنها عمر جهان را از ۶ تا ۹ هزار سال متجاوز نمیدانند و خلقت را امری از اوامر الهی می‌شمارند .

کوپرنیک (۱) ۱۵۴۳ در مقابل نظریه بطلمیوس، اطلاعات جالب و زیادی در باره دنیا داد و حقایق زیادی را آشکار ساخت .

نظریه کوپرنیک درباره جهان از این قرار است :

## زمین ذره ناچیزی از جهان بوده و سیاره‌ای است

که بدور خورشید می‌گردد .

یکی از پیروان کوپرنیک، گیوردنو برینو (۲) ۱۶۰۰-۱۵۸۰ در کتاب ( دنیای لایتناهی ) (۳) با قدرت تمام نظریه او را تأیید کرده و گفته است :

«درگیتی بی‌پایان؛ دنیاهاى زیادی بوجود می

آیند و گسترش می‌یابند و از بین می‌روند و دوباره ایجاد می‌گردند .

کرات متعددی وجود دارند که هر کدام اطراف

خورشیدها می‌چرخند، همان‌طوری که ۷ سیاره خورشید مابدور آن می‌گردند.»

سرعت سیر نور ۳۰۰/۰۰۰ کیلومتر در ثانیه است و مسافتی

که نور در یک سال طی میکند مساوی ۱۰/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰ کیلومتر (۱۰<sup>۱۳</sup> km) خواهد بود .

این عدد در علم نجوم واحد طول است و بنام سال نوری خوانده میشود .

نور خورشید در مدت  $(\frac{1}{3} \times 8)$  دقیقه بزمین میرسد . برای رسیدن نور از یک طرف منظومه شمسی بطرف دیگر آن ۱۱ دقیقه وقت لازم است .

۴ سال طول میکشد تا نور نزدیکترین ستاره به زمین برسد . (فاصله زمین تا نزدیکترین ستاره ۴ سال نوری است) .

خورشید عضو خانواده بزرگی بنام کهکشان ما است . این کهکشان شامل میلیونها ستاره نظیر خورشید میباشد .

قطر کهکشان ما تقریباً ۱۰۰۰۰۰ سال نوری است و ۳۰۰۰۰ سال نوری از منظومه شمسی فاصله دارد .

منظومه شمسی و سایر منظومه ها ، اطراف مرکز کهکشان ما در گردشند .

مدت یک گردش منظومه شمسی بدور مرکز کهکشان ما ، بین ۱۸۰ تا ۲۰۰ میلیون سال است که یکسال کهکشانی نامیده می شود .

علاوه بر کهکشان ما ، کهکشان های بسیار دیگری وجود دارند که هر یک دارای میلیونها ستاره هستند .

نزدیکترین آن ها به کهکشان ما امراة المسلسلة (۱) نامیده می شود ، که قطرش ۵۰۰۰۰ سال نوری ، و ۷۵۰۰۰ سال نوری از زمین فاصله دارد .

مجموعه کهکشان هایی که تا کنون در علم نجوم مورد مطالعه قرار گرفته اند ، متاگالا کسی (۲) نامیده می شوند .

## فهرست مصنفی و قیامی مهم

شماره نسل‌ها	سن	واحد هر یک کشتی	سال خورشیدی	واقعه	شماره
-	سال ۲۷ تا ۱۶	۱۶ تا ۲۷ سال	۳ تا ۵ میلیارد	ظهور خورشید بصورت ستاره	۱
-	سال ۱۶ تا ۱۱	۱۱ تا ۱۶ سال	۲ تا ۵ میلیارد	تبلور مواد معدنی پوسته زمین	۲
-	سال ۸	۸ سال	۱/۵ میلیارد	تشکیل پوسته جامد زمین و اولین خشکی‌ها و دریاها	۳
-	سال ۵	۵ سال	۱ میلیارد	ظهور تک‌سلولی‌ها در آب‌های نیمه‌گرم دریاها	۴
-	سال ۲/۵ تا ۴	۲/۵ تا ۴ سال	۵۰۰ تا ۸۰۰ میلیون	دریا محل زندگی موجوداتی که حد واسط اسفنج‌ها و مرجانها بوده و آرکئوسیات‌ها Archéociate نامیده می‌شوند . و ظهور و تنوع جانوران سخت پوست (تربلو بیت )	۵

## فهرست منی و قایع ۴۴

شماره	واقع	سال خورشیدی واحد کمرستانی	سن	شماره نسل ها
۶	ظهور اولین ماهیهای اقیانوس ها ، انتقال گیاهان و جانوران از آب به خشکی ، درنمی ازا این دوره موجودات خشکی به صورت توده های ساده پرتو- پلاسی ، و درنیم دیگر به صورت موجودات مختلف تکامل یافته اند . انتشار کامل زندگان در سطح زمین ، تا بستانها طولانی سرخس های عظیم آبی و خشکی .	۴۰۰ میلیون	۲ سال	-
۶	دوره یخبندان ، زمستانی که ۲۵ میلیون سال طول کشیده جنگل های عظیم ، انواع مختلف جانورانی که با سرما سازش داشتند .	۳۰۰ میلیون	۱/۵ سال	-
۸		۲۰۰ میلیون	۱ سال	-

## فهرست مضمونی و قیامع ۴۴

شماره ۹ واقعه سال خورشیدی واحد کهرکشان سن شماره نسل ها

۹ تا بستان گرم و طولانی، ظهور خزندگان ۱۰۰ میلیون ۶ ماه -

قوی که گسترش فراوان داشتند ؛  
سومساره های عظیم الجثه زمینی ؛ آبی  
هوائی .

۱۰ دوره فعالیت زمین ، خشکیها از هم جدا شده یا به هم نزدیک شده اند: قطعات

زمین کوچک شده یا به هم پیوسته اند ،  
وزمین به صورت امروزی درآمد .  
سومساره های عظیم الجثه از بین رفتند  
وحیوانات خونگرم نظیر پستانداران  
در زمین و پرندگان در هوا جای  
آنها را گرفتند .

## فهرست سنی وقایع ۴۴

سن

شماره نسل‌ها

سال خورشیدی واحد کیم‌کشانی

واقع

شماره

۱۷۰۰۰

ساعت

۲۵ میلیون

۱۱ سر ما به صورت دوره‌های متناوب با زمین رسید. این سر ما بعد از دوره‌های گرم

تکرار می‌شد از وقایع ۴۴ ایندوره ظهور انسان است .

۴۰۰۰ تا ۳۰۰۰

ساعت

۱۰ تا ۲۵ هزار

۱۲ تمدن بسیار قدیمی انسان؛ که قطاز وسائل چوبی استفاده می‌کرده است .

۲۰۰۰ تا ۱۰۰۰

ساعت

۲۵ تا ۵۰ هزار

۱۳ سن سنگ‌های آتشفشانی دستکاری شده

۱۰۰۰ تا ۵۰۰

ساعت

۱۲ تا ۲۵ هزار

۱۴ سن سنگ‌های صیقلی شده

۲۰۰

دقیقه

۶ هزار

۱۵ ابتدای دوره برنز Bronze

۱۷۰

دقیقه

۵ هزار

۱۶ دوره علم نجوم

۱۰۰

دقیقه

۳ هزار

۱۷ ابتدای دوره آهن

۱۱

دقیقه

۳۴۳ هزار

۱۸ ابتدای دوره نجومی با دوربین‌ها

( دور بین کالیه ۱۶۱۰ )





وجود داشتند. اما بازهم تاریخ زمین با تاریخ حیات فاصله زیادی دارد.

پس زمین شاهد تغییرات عظیمی بوده است.  
مشاهده ستارگان نیز نشان میدهد، که آنها پس از بوجود آمدن، روبزوال رفته و نابود می شوند.  
فاصله زمانی لازم برای تحولات ستارگان بمراتب بیشتر از زمین و یا خورشید است.

در فهرستی که در صفحات قبل ملاحظه گردید، سن وقایع مهم به حسب سه تاریخ ذکر شده است.

- ۱ - مقیاس سال خورشیدی (حرکت انتقالی زمین).
- ۲ - سال کهکشانی (گردش منظومه شمسی بدور مرکز کهکشان مساوی ۱۸۰ تا ۲۰۰ میلیون سال شمسی).
- ۳ - شماره نسل های انسانی (از پدر بزرگ تا نوه کوچک دونسل فاصله است).

سن زمین از مقادیر ذکر شده نیز بیشتر است.  
صد سال خورشیدی از عمر منظومه شمسی، از نظر گردش کهکشانی منظومه، يك دقیقه است که واحد نجومی می باشد.  
در این يك دقیقه کهکشانی انسان بکشف بسیاری از رازهای طبیعت پی برده است.

ساکنین يك سیاره کوچک (زمین) از يك منظومه، نه تنها ستارگان کهکشان خود را کشف کرده اند و به خواص و عمر و چگونگی آن پی برده اند، بلکه کهکشانی را که ۵۰۰ میلیون سال نوری از زمین فاصله دارد مورد مطالعه قرار داده اند.

دانش امروزی نسبت به جهان، با مقایسه دیدنیاکان ما، بسیار وسیع شده، اما بهتر است اقرار کنیم که هنوز بسیاری از معماها

شناخته نشده که باید در آینده حل گردند .

ممکن است، دانش بشر تا کنون بیش از يك قدم در راه مطالعه  
زمان و گسترش اشیاء بر نداشته باشد ، اما باید دید آیا برداشتن  
قدم دوم میسر است ؟

پس از اینکه توانستیم زمان را بدقت اندازه بگیریم ، آیا  
می توانیم آن را در اختیار نگهداریم .

## زمان را چگونه در اختیار میگیرند

به علت کندی سیر عده ای از پدیده ها مطالعه آنها مشکل است .

مثلاً : رشد گیاهان ماهها و گاهی سالها طول می کشد ؛ مطالعه تغییراتی را که در مدت رشد، حاصل می شود، دشوار است. زیرا نمی توان عمل مشاهده را چند ماه بدون انقطاع دنبال کرد. پس باید چاره ای اندیشید تا مدت انجام این پدید کوتاه شود یعنی به سرعت آن افزوده گردد .

برعکس، در پدیده هایی که برق آسا صورت می گیرند نمی توان به جزئیات آن توجه داشت .

مثلاً در مسابقه فوتبال مدت زیادی بازیگران بدنال هدف خود می دوند و می جهند، ولی دفعته تماشاچیان صاحب يك نوع پیراهن را می بینند که توپ را به مقصد پرتاب کرده است؛ ولی هیچگاه به حرکات پا و بدن این بازیگر به علت سرعت دقت ندارند پس باید به وسائلی از سرعت عمل کاست یعنی مدت انجام کار را طولانی کرد .

در عمل تیر اندازی ، فیزیک اتمی و هسته ای زمان لارم

برای انجام پدیده فوق‌العاده کوتاه است .

برای حل این گونه مسائل ، امروزه از روش های تبدیل زمان استفاده می کنند .

در تبدیل زمان اجباری نداریم در سرعت یا چگونگی پدیده تغییری دهیم یعنی لازم نیست دستگاه مبدل ، روی سرعت سیر یا مدت پدیده اثر داشته باشد ، زیرا در بعضی موارد چنین کاری لازم نیست و در بیشتر موارد غیر ممکن است .

مثلاً : مدت یا سرعت آذرخش به تماشاچی یا مطالعه کننده بستگی ندارد .

در حالی که دستگاه نوسانگر کاتودی کار می کند یعنی دسته الکترونها از قطب منفی به سرعت به صفحه حساس رانده می شوند و در سطح افقی تغییر مکان میدهند اگر تخلیه الکتریکی در جو صورت گیرد بر فکیر آنها به دستگاه کاتودی منتقل می سازد و روی صفحه حساس با ایجاد دندانه ها ، زمان و چگونگی آنها ثبت می نماید .

با وجودیکه این پدیده ثبت شده ولی هیچگاه از سرعت آن کاسته نشده است ، زیرا این کار غیر ممکن است و تنها با استفاده از دستگاه سریع و دقیق به ثبت آن نائل آمده ایم .

علت مشکل بودن مطالعه رشد طبیعی يك گیاه ، تنها کند بودن سرعت و طولانی بودن مدت آنست .

تسریع در عمل رشد به وسائل و مقدمات خاص به جای خود عمل فوق‌العاده مفیدی است ولی مسئله امروز ما ، چیز جداگانه ایست یعنی منظور ما مطالعه رشد طبیعی گیاهان و یا هر چیز بطی السیر است .

گذشته از آن تسریع در عمل رشد هیچگاه نمی تواند

نموی را که در مدت چند سال صورت می‌گیرد به چند ساعت برساند .

پس برای مطالعه رشد طبیعی يك گیاه باید سیرورشد آنرا بدون کمترین تغییری مشاهده کنیم .

در اینجا منظور از تبدیل زمان عبارت از تغییر مدت مشاهده است نه تغییر سرعت سیر پدیده .

تجربه نشان داده است که با تئوری و نظریه های عملی نمی‌توان کار اجزاء مختلف يك ماشین را پیش‌بینی و تنظیم کرد . با کوشش‌های طولانی که به عمل آمده، هرگز نتوانسته‌اند قبل از ساختن یک دستگاه کار اجزاء آنرا تنظیم و یا از نقطه نظر صرفه جوئی اقدام کنند .

پس نه نظرهای غیر عملی و نه تجربه های جزء به جزء می‌تواند مشکلات و عیب های يك ماشین را رفع کند . بلکه باید تك تك اجزاء ماشین در موقع کار مورد مطالعه قرار گیرند تا اگر اشکالی دارند رفع شود .

حال که این مطلب روشن شد باید دید چگونه می‌توان پدیده های بسیار کند و یا بسیار سریع را مطالعه کرد تنها اشکال کار چگونگی عمل است .

روشی که پیش از همه برای تبدیل زمان رایج است عبارت از عکسبرداری لحظه‌ای است که هنگام نمایش قسمت‌های آن به هم مربوط شده و پدیده به طور کلی قابل مطالعه می‌شود .

## دستگاه فیلمبرداری مخصوص ذره‌بین زمان

دستگاههای معمولی فیلمبرداری ۲۴ تصویر در ثانیه تهیه می‌کنند، در این دستگاهها قرقره فیلم و شستی عکاسی سرعت مساوی دارند.

برای مطالعه پدیده‌های کند مانند التیام یافتن يك زخم و یا رشد گیاه و غیره از دستگاه فیلمبرداری مخصوص استفاده می‌کنند.

این فیلمبرداری عبارت از تهیه عکس‌های متوالی در فاصله زمانهای مساوی است.

که گاهی عمل عکسبرداری در ثانیه یکی، و یا در ساعت و یا در هر ۲۴ ساعت یکی خواهد بود بعد از تهیه فیلم با سرعت معمولی آنرا نمایش می‌دهند.

تمام تغییرات بدون انقطاع دیده می‌شود تنها اختلاف آن با پدیده طبیعی برابر نبودن مقیاس زمان است.

با این روش روئیدن گیاه را با چشم خود خواهیم دید، یعنی رشد دانه و تشکیل جوانه ابتدائی و ساقه و شاخه و گل عمل کرده افشانی بالاخره میوه را تنها در مدت نیم ساعت روی پرده سینما خواهیم دید و حال آنکه برای انجام این کارها لااقل يك سال وقت لازم است.

دستگاه مخصوصی وجود دارد که حرکت قرقره فیلم و شستی عکاسی آن با سرعت بیشتری کار می‌کند بطوریکه این دستگاه بین ۱۲۰ تا ۲۴۰ تصویر در ثانیه تهیه می‌کند.

فیلمی که به این طریق تهیه شود اگر با سرعت ۲۴ تصویر

در ثانیه روی پرده بیايد حرکات بسیار سریع و پدیده های برق آسا به صورت حرکات بسیار کندی تبدیل می شود .

اگر با این دستگاه از دوندۀ سریع السیری فیلمبرداری شود و به ترتیب ذکر شده نمایش دهند ، حرکت دوندۀ به قدری کند به نظر می رسد که تصور می رود در آب راه می رود ، زیرا دستگاه سرعت حرکت او را چند برابر کم کرده است .

این روش اختصاصات مهمی از پدیده های طبیعی را آشکار کرده است .

در صنعت ؛ از اجزاء ماشین ها با همه سرعتی که دارند عکسبرداری کرده و به دقت حرکات آنها را با زرسی می نمایند . دستگاههای برش بسیار قوی که با برق کار می کنند بر اثر استعمال ممکن است کمی تغییر محل داده باشند یا در حین عمل حرکت جانبی داشته باشند جز به طریق عکسبرداری این انحراف را که امکان خسارت زیادی دارد نمی توان مطالعه کرد .

تنها به طریقه عکسبرداری فوق العادۀ سریع می توان يك پروانه بی حرکت را از يك پروانه متحرك كه فوق العادۀ تند می چرخد تشخیص داد .

افزایش شعله و قدرت سوپاپ ها در سیلندر موتورهای انفجاری با عکسبرداری فوق العادۀ سریع قابل مطالعه است .

اشعه ای که در لحیم کاری ایجاد می شود نوری شدید و زمانی کوتاه دارد با وجود این به روش بالا می توان کمترین تغییرات آنرا مطالعه کرد .

با این روش در زمینه های پزشکی و زیستشناسی نیز قدمهای بزرگی برداشته شده است .

در مسائل مختلف تیراندازی مخصوصاً شلیک توپ (محاسبه سرعت گلوله هنگام خروج از دهانه ) و حرکت گلوله ( وضع

گلوله ، سرعت و جرقه های آن ( حتی لحظه اصابت ) نفوذ گلوله به داخل زره ) و غیره عکسبرداری فوق العاده سریع نقش مهمی دارد .

در فیلمبرداریهای معمولی یعنی آنهایی که سرعت فوق – العاده احتیاج ندارند.

برای تنظیم حرکت قرقره و یا بسته و باز شدن مجرای نور دستگاه ، از خزانه ساعتی استفاده می کنند.

ولی در مواردیکه سرعت فوق العاده است ، از علائم زمانی به طریق زیر استفاده می کنند :

مولدی انتخاب می کنند که به ازای بسامدهای معین (مثلاً ۱۰۰۰ موج) دیاپازنی را جذب کرده و جرقه ای در لامپ آرگون ایجاد نماید.

نور این جرقه توسط يك عدسی روی جسم مورد نظر متمرکز شده و عمل عکسبرداری ممکن می گردد .

به این ترتیب عکسهای دقیق و متعدد از يك پدیده به دست می آید که می توان آنرا به تائی نمایش داد و روی قسمت های مختلف آن دقت کرد .

راه حل هایی که برای بسیاری از مسائل پیشنهاد شده فوق – العاده جالب و ابتکاری هستند و نشان می دهند که افکار آدمی در جستجو و حل مسائل تا چه اندازه دقیق است .

### دستگاه ابریان O'Brien

با این دستگاه در ثانیه ۱۵ میلیون تصویر می توان تهیه کرد. ولی مدت عکسبرداری از ۰.۵ / . ثانیه تجاوز نمی کند . اگر با این دستگاه بتوان مدت يك ثانیه عکسبرداری کرد ، برای نشان دادن فیلم آن (در هر ثانیه ۱۶ تصویر) ۱۱ روز وقت لازم است .



ا بریان دستگاه دیگری نیز ساخت که در ثانیه می توانست ۱۰۰ میلیون تصویر تهیه کند .

هیچ دستگاه مکانیکی نمی تواند در ثانیه این قدر حرکت کند .

### دستگاه عکس برداری مکانیکی فوق العاده سریع:

د- پرنس (۱) و و. رانکن (۲) با وسایل مکانیکی عکس- برداری فوق العاده سریع انجام دادند .

به جای عدسی شئی در این دستگاه صفحه ای قرار دارد که ۱۰۰۰ سوراخ ریز و عدسیدار در آن تعبیه شده است .

این صفحه در دقیقه ۷۲۰۰ دور می چرخد. فاصله کانونی عدسی های کوچک آن ۲/۵ سانتیمتر است .

با این روش توانستند ۱۲۰/۰۰۰ تصویر در ثانیه تهیه کنند .

### عکسبرداری سریع به کمک آئینه دوار :

در داخل سیلندر يك موتور انفجاری معمولاً مدت يك احتراق از يك صدم ثانیه کمتر است . مسلماً لحظه شروع احتراق بالخطه ای که نور آن به دستگاه عکاسی می رسد اختلاف وجود دارد .

آخرین تحقیقات نشان داده است که امواج ناشی از انفجار با سرعتی مساوی ۱/۶ کیلومتر در ثانیه منتشر می شوند .

این موج طول لوله سیلندر در زمانی بین  $\frac{1}{10000}$  تا  $\frac{1}{100000}$  ثانیه طی می کند .

پس برای رسم این پدیده سرعتی مساوی ۱۰۰/۰۰۰ تا ۱۰۰۰/۰۰۰ تصویر در ثانیه لازم است .

دستگاهی که بتواند با این سرعت عکسبرداری کند بشرح زیر است :

يك دور بين عكاسی با عدسی شئی ثابت و صفحه ثابت و يك آئینه دوار ساختمان این دستگاه را تشکیل می دهد .  
چنین دستگاهی می تواند ۵۰۰/۰۰۰ تصویر در ثانیه تهیه کند .

يك عدسی تصویر را روی آئینه دوار منتقل می کند ، آئینه تصویر را روی عدسی ثابت منتقل می کند که از آنجا به نقاط مختلف صفحه منعکس می شود .

تصویر تامد تیکه نور از عدسی دوم عبور می کند روی صفحه ظاهر می شود .

چون آئینه با سرعت زیاد می چرخد ، لذا مدت توقف عکس روی صفحه فوق العاده کم است .

### سلول گر (Kerr) .

همه می دانند که نور چیزی جز نوسانات الکترومغناطیس نیست .

جهت انتشار نور با ترکیب امواج الکتریکی و مغناطیسی که بصورت عمود بر هم منتشر می شوند معلوم می شود .

نور سفید معمولی ، نتیجه مجموعه ای از نوسانات ساده است ، باین جهت نوسانات مرکب الکتریکی و مغناطیسی در آن (نور سفید) چند جهت دارند .

اجسامی نظیر اسپات دیسلند (۱) خاصیت انکسار مضاعف دارند .

در این اجسام نور طبیعی بدو دسته تقسیم می شود .

هر يك از دسته اشعه ها يك جهت دارند و در جهت مربوطه شان

به صورت عمود بر هم منتشر شده اند .  
دسته اشعه الکتریکی و دسته اشعه مغناطیسی هر کدام جدا گانه  
با این صورت منتشر شده اند .

به این نوع انتشار ؛ **نور قطبی شده** می گویند .  
اجسامی نظیر کوارتز **سطح قطبش** نور را می توانند  
بچرخانند .

وقتی نور قطبی شده از داخل کوارتز می گذرد زاویه چرخش  
جبران شده دو باره دو دسته اشعه تجزیه شده با هم ترکیب  
می شوند .

بعضی از ترکیبات شیمیائی تحت تأثیر میدان الکتریکی یا  
مغناطیسی چنین خاصیتی پیدا می کنند .

**نیترو بنزن** وقتی در میدان الکتریکی واقع می شود می تواند  
نور قطبی شده را بچرخاند .

**شیشه** در میدان مغناطیسی چنین خاصیتی حاصل می کند .  
از این خاصیت ها برای عکسبرداری های فوق العاده سریع  
استفاده کرده اند .

يك مورد آن **سلول گر** است .

هر سلول گر از دو پولاروئید (۱) تشکیل شده که بین آن  
دو، حفره کوچکی تعبیه شده است در داخل این حفره نیترو بنزن  
میریزند و در دو انتهای حفره كوچك، دو الكترو د قرار میدهند .  
جسم اول مانع عبور نور سفید است، و آنرا قطبی میکند .  
جسم دوم نیز مانند پولاروئید اول عمل میکند . دستگاه در  
حال عادی تاریك است .

اگر جریان الکتریکی به دو الكترو د برسد و نیترو بنزن

در میدان الکتریکی قرار می گیرد و نور قطبی شده را میچرخاند اندازه این چرخش به قدری است که نور از دو پولاروئید عبور می کند .

به این طریق سلول گر مانع عبور نور بطور دائم است .  
ولی چون ظرفیت الکتریکی سلول گر کم است لذا میتوان باشدت های کم در مدت کوتاه از آن استفاده کرد .  
به این وسیله می توان در مدت کمتر از صد میلیونم ثانیه عکسبرداری کرد .

### پدیده قطبش دورانی مغناطیسی فاراده (۱).

دستگاه شامل دو پولاروئید است که بین آنها استوانه شیشه ای قرار دارد .

این استوانه شیشه ای در عین حال داخل يك سیم پیچ الکتریکی واقع شده است .

موقعی که جریان از سیم پیچ می گذرد میدان مغناطیسی ایجاد کرده و در چنین وضعی استوانه شیشه ای نور قطبی شده را میچرخاند و در واقع از دستگاه نور عبور می کند .

با این دستگاه در يك میلیونم ثانیه می توان تصویر تهیه کرد .

### دستگاه مشبك

اساس این دستگاه به شرح زیر است :

به وسیله عدسی شئی نور به صفحه مشبکی میرسد و از آن به صفحه حساس منتقل می گردد .

صفحه مبدل دارای شکافها باریك به عرض ۰.۰۵۰۸ / میلیمتر است .

این شکاف‌ها به طور موازی کنار هم به فاصله ۰.۵۰۸ / میلیمتر قرار دارند. در هر حرکت صفحه مشبك به اندازه عرض شكاف تغییر مكان می‌دهد ( یعنی به اندازه ۰.۵۰۸ / میلیمتر). با این حرکت محل تصویر اول به وسیله حد فاصل دو شكاف كاملاً پوشیده شده و دستگاه برای عكسبرداری دوم آماده است ، به این ترتیب وقتی صفحه مشبك ۰.۵۰۸ / میلیمتر تغییر مكان نماید دستگاه ۱۰۰ تصویر تهیه کرده است.

برای اینکه بتوان با این دستگاه ۱۰۰ میلیون تصویر در ثانیه تهیه کرد ؛ باید سرعت حرکت صفحه مشبك ۵۰۸ متر در ثانیه باشد .

این سرعت به وسیله آئینه دواری به سرعت ۱۰۰ دور در ثانیه تأمین می‌شود .

چنین دستگاهی به علت باریك بودن شكافها فقط از پدیده های نورانی مانند انفجار می‌تواند عكسبرداری کند. مدتی را كه با این وسیله می‌توان عكسبرداری كرد معمولاً يك میلیون ثانیه است و در این مدت ۱۰۰ / تصویر تهیه می‌شود. عده ای عقیده دارند با تكمیل این وسیله می‌توان دفعات عكسبرداری را به يك میلیارد در ثانیه رسانید.

مطلب مهمی كه در عكسبرداری های فوق العاده سریع مورد توجه می‌باشد مسئله روشنائی كافی است .

در مواردیكه از اجسام نورانی مانند آذرخش یا انفجار عكسبرداری می‌كنیم این مسئله مطرح نیست .

ولی در موقع عكسبرداری از اجسام تاریك معمولاً از يك منبع نورانی استفاده می‌كنند .

اگر هم ابتدای روشنائی با عمل عكسبرداری همزمان باشد ، باز مدت روشنائی كمی از مدت عكسبرداری زیادتر می‌شود .

در يك دور بين معمولی حرکت صفحه به صورت متناوب و منقطع است .

یعنی لحظه قطع نیز در آن وجود دارد .  
 حداکثر سرعتی که می توانند این دستگاهها داشته باشند  
 ۲۴۰ تصویر در ثانیه است .

### دوره بین زمان

در این دستگاه حرکت صفحه منقطع نبوده بلکه دائمی و پیوسته است .

لذا دستگاه با سرعت فوق العاده زیاد می تواند کار کند .  
 تنها موضوعی که باید در این نوع عکسبرداری بیش از همه  
 دقت شود همزمانی و تطبیق حرکت قرقره و عمل عکسبرداری  
 است .

تغییر مکان تصویر به كمك استوانه دوارى صورت می گیرد  
 كه اطراف آن چند آئینه تعبیه كرده اند تصویر توسط عدسی اول به  
 آئینه دوار میرسد و از آنجا به روى صفحه حساس منتقل می شود .  
 استوانه داری آئینه، می چرخد پس تصویر نیز تغییر مکان  
 می دهد .

سرعت چرخش استوانه را با سرعت حرکت صفحه حساس  
 (قرقره) تطبیق می دهند .

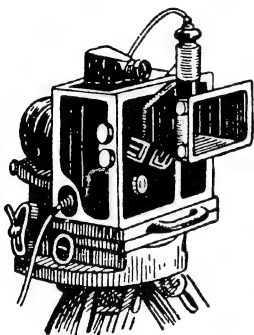
عمل عکسبرداری با حرکت آئینه و حرکت صفحه حساس  
 ادامه دارد و مدتى بسیار کوتاه وقت صرف می شود تا از يك تصویر  
 عکسبرداری شود، بعد از اتمام اولین تصویر دومین تصویر آغاز  
 می شود، تصویر دوم توسط آئینه دیگری که در دنبال آئینه اول  
 است بر صفحه منتقل می شود . (شکل ۴۸)

نوعی دستگاه عكاسی روسی از نوع (SK-۱) می تواند در

ثانیه ۰۰۰۴ تصویر تهیه کند .

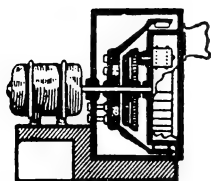
### دستگاه عکاسی با جرقه:

دستگاه دارای استوانه‌ای است که با سرعت فوق‌العاده می‌چرخد؛ دوران استوانه يك قرقه فیلم به طول چندین متر پیچیده شده است .



روشنائی دستگاه با جرقه تأمین می‌شود . این دستگاه می‌تواند ده میلیون منظره در ثانیه تهیه کند .

هر يك منظره قسمتی از پدیده را نشان می‌دهد ولی وقتی با هم نمایش داده شد می‌توان يك پدیده کامل را ملاحظه کرد .



شکل ۴۸- دوربین عکاسی،  
از نوع (ذره بین زمان)  
a- شکل ظاهری  
b- طرح و ساختمان

مزیت این دستگاه اینست که علاوه بر تهیه مناظر دقیق از يك پدیده می‌توان زمان بین دو منظره را نیز محاسبه کرد .

برای این منظور از يك **لوله کاتودی** كمك می‌گیرند . به این ترتیب شعاعهای نورانی که از فیلم تصویر می‌گذرد به وسیله دستگاه مبدل به امواج الکتریکی تبدیل و به نوساننگار منتقل می‌شود .

این نوسانات با نوسانات مولد معینی سنجیده می‌شود و مدت هر تصویر معلوم میگردد .

اگر امواج مولد ۲ میلیون در ثانیه باشد دقت محاسبه

۸-۱. ثانیه خواهد بود .

با این روش می توان سرعت گلوله توپی را در يك میلیمتر به دست آورد .

بعضی عکسبرداری ها به قدری سریع انجام می گیرند ( میلیون یا ده میلیونم ثانیه ) که به نظر میرسد برای انجام کار زمان را متوقف کرده اند .

مثلاً در فاصله زمان کوتاهی که گلوله از دهانه تفنگ خارج می شود و به هدف اصابت می کند ، عکسهای بسیاری تهیه میکنند حتی لحظه خروج گلوله از دهانه تفنگ و لحظه اصابت و لحظات دیگر از مسیر گلوله بخوبی عکسبرداری می شود .

برای اندازه گیری زمانهای فوق العاده کوتاه بر اساس تبدیل زمان از جریان پر کردن خازنها استفاده می کنند .

## استفاده از عکس = الکترونی در تبدیل

### فوق العاده سریع زمان

دستگاه الکترونی برای تهیه تصویر فوق العاده سریع بر کلیه دستگاههای زمان مزیت دارد . در عکسبرداری ها سریع ، مسئله قطع و وصل عکسبرداری فوق العاده مشکل است .

مانعی را که بر اساس خاصیت شیشه در محیط مغناطیسی و روش فاراده استوار بود نیز نقاط ضعف زیاد دارد . زیرا گذشته از همه با آن دستگاه در کمتر از يك میلیونم ثانیه نمی توان تصویر تهیه کرد .

سلول کربا وجودیکه در یکصد میلیونم ثانیه تصویر تهیه



می‌کند ولی مایع نیترو بنزن بسیاری از نورها را جذب می‌کند و حتی سلول کرطیف نوری ایجاد می‌کند .

پس مسئله حرکت صفحه حساس یا تصویر با سرعت لازم هنوز به صورت مشکلی باقی مانده است .

ولی استفاده از دستگاه نور الکترونی به جای تغییر مکان تصویر و یا حرکت قرقره بردستگاههایی که تاکنون معرفی شده‌اند مزیت فراوان دارد .

عمل عکسبرداری در این دستگاه در مدت کمتر از  $10^{-8} \times 3$  ثانیه صورت می‌گیرد و حداقل زمانی که برای تهیه یک تصویر با این روش ممکن است یک میلیارد ثانیه است .

این وسیله موجب می‌شود که بتوان در عکاسی از اشعه نافذ ایکس (X) که به مراتب از نورهای دیگر قویتر است استفاده کرد . شرح دستگاه و چگونگی عمل آن به این قرار است :  
یک کاتود نوری ، یک سیستم نوری الکترونی و یک صفحه فلورسنت ساختمان اصلی دستگاه را تشکیل می‌دهد .

تصویر نوری یک جسم در نقطه کاتود متمرکز می‌شود ، این تصویر ، به وسیله الکترونها که تحت تأثیر میدان الکتریکی حرکت می‌کنند به طرف صفحه حساس رانده می‌شوند . دسته الکترونها حامل تصویر در فاصله کاتود و صفحه حساس در سطح افقی تغییر مکان می‌دهند . و تصویر روی صفحه ظاهر می‌شود . چون کاتود نوری علاوه بر نورهای مرئی تحت تأثیر نورهای نامرئی چون اشعه X قرار می‌گیرد ، لذا به کمک این دستگاه می‌توان منطقه وسیعی از منظره را عکسبرداری کرد ، یعنی آن قسمت از منظره که به ظاهر روشن نیست نیز قابل عکسبرداری است .

در این مبدل میتوان عکس‌های کوچکت‌ر یا بزرگ‌تر از جسم تهیه کرد.

چون پرتو تصویر روی صفحه حساس بستگی کامل به الکترونهائی دارند که پرتاب می‌شوند لذا می‌توان عکس‌های روشن‌تر و یا مبهم تهیه کرد .

برای تهیه عکس‌های کاملاً روشن معمولاً باید اختلاف پتانسیل ولوۀ کاتودی بین ۶۰۰ تا ۱۲۰۰ ولت باشد .

آغاز یا قطع عمل عکسبرداری ، تغییر مکان تصویر روی صفحه حساس لوله کاتودی ، همزمانی اعمال عکسبرداری لحظات مختلف پدیده مورد مطالعه ؛ ایجاد تأخیر لازم بالاخره مشخص کردن حدود منظره با دقت بیشتر به وسیله دستگاه به مراتب بهتر از دستگاههائی است که تاکنون معرفی شده است . اختلاف اساسی این دستگاه با دستگاههای دیگر در اینست که این دستگاه ناقل تصویر الکترونی است نه نوری .

روی صفحه حساس دستگاه کاتودی يك ردیف عکس ایجاد می‌شود که از تغییر مکان دسته الکترونها حاصل شده است .

با این دستگاه می‌توان از لحظه روشن شدن و یا خاموش شدن يك لامپ عکس‌های زیادی تهیه کرد .

امروزه مبدل الکترونی نور سریعترین وسیله برای عکسبرداری و تغییر مکان آن می‌باشد .

**گورتنه پرات (۱)** سرعت تغییر مکان دسته الکترونها و تصویرها را روی صفحه حساس به ۳۰۰/۰۰۰ متر در ثانیه رسانیده است ، این رقم ۱۰۰۰ مرتبه زیادت‌ر از بهترین دستگاههای مکانیکی است .

این دستگاه فاصله زمان يك ميلياردم ثانيه را می تواند محاسبه کند .

یعنی اگر دواشه فقط يك متر اختلاف داشته باشند زمان آن قابل محاسبه است .

عکسبرداری فوق العاده سریع ( دريك ميليونم يا يك ده ميليونم حتی يك ميلياردم ثانيه ) به قدری پیشرفت کرده که به نظر میرسد زمان برای يك لحظه متوقف می ماند .

این وسیله می تواند از دقیقترین و سریعترین حوادث عکس برداری کند .

مثلاً : اتوموبیلی که با سرعت سرسام آور در حال سقوط است و یا گلوله ای که از دهانه تفنگ خارج میشود یا آذرخش و غیره به خوبی قابل عکسبرداری است .

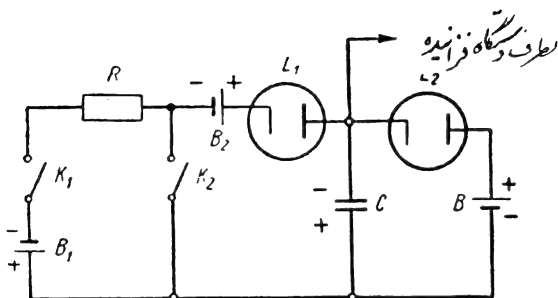
عکسبرداری از سیر طبیعی موجودات ذره بینی در حل بسیاری از مسائل زیستی کمک فراوان کرده است .

## مبدل‌های الکتریکی زمان

با روش خازنها به طوریکه در فصل نهم دیدیم نمی توانیم زمانهای کوتاهتر از يك ميليونم ثانيه را محاسبه کنیم زیرا در زمانهای فوق العاده کوتاه بار جمع شده در خازن نیز بسیار کم می شود و چنین وضعی اختلاف پتانسیلی ناچیز ایجاد می کند، و اختلاف پتانسیل کم موجب اختلال کار دستگاه است .

اختراع «تراکم دوگانه» مشکل تغییر پتانسیل را حل می کند در این دستگاه يك جریان برای پر کردن خازن و يك جریان برای خالی کردن آن به طور دائم وجود دارد .

عمل دستگاه مطابق (شکل ۴۹) به این طریق است :



شکل ۴۹- پر کردن خازن و محاسبهٔ زمان با نسبت بار الکتریکی

موقع بستن کلید  $K_1$  خازن  $C$  با جریان ثابت  $I_1$  با منبع  $B_1$  پر می‌شود .

لامپ مخصوص  $L_1$  در مسیر این جریان قرار دارد .  
در موقع بستن کلید  $K_2$  عمل پر شدن خازن قطع شده و ولی عمل تخلیه آن توسط لامپ کنوترون  $L_2$  (۱) (لامپ کنوترون برای يك طرفه كردن جریان به كار می رود ) با شدت  $I_2$  صورت می گیرد .

جریان حاصل از تخلیه خازن از دستگاه تقویت کننده ای عبور می کند .

مزیت این دستگاه اینست که خازن در مدت بسیار کوتاه پر شده و تخلیه آن مدت مدیدی طول می کشد .

به همان نسبت که شدت جریان هنگام پر شدن خازن زیاد و مدت آن کوتاه است و هنگام تخلیه زمان دراز و شدت جریان کم می شود .

اگر شدت جریان هنگام پر شدن ۱۰۰ و مدت يك باشد،

هنگام تخلیه به عکس خواهد بود یعنی مدت ۱۰۰ و شدت يك خواهد بود .

در واقع عدد ۱۰۰ را ضریب تخلیه نامیده اند .  
يك دستگاه مبدل زمان، نمی تواند ضریبی بیشتر از ۱۰۰ داشته باشد .

ولی می توان از به هم بستن چند مبدل ضریب تبدیل را به ۱۰۰۰/۰۰۰/۰۰۰ حتی ۱۰۰/۰۰۰/۰۰۰ رساند .  
به کمک این دستگاهها می توان يك میلیارد ثانیه حتی کمتر از آن را نیز حساب کرد .

دستگاههای تبدیل الکتریکی زمان یا سایر دستگاهها نمی توانند کمتر از میلیارد ثانیه را محاسبه کنند ولی با این دستگاه می توان مدت درازی زمان را با دقت کمتر از میلیارد ثانیه حساب کرد .

در اشعه های سماوی شعاع های مخصوصی که عمری در حدود میلیون یا صد میلیون ثانیه دارند با این دستگاه قابل سنجش هستند مبدل الکتریکی برای مطالعه پدیده های فوق العاده سریع ارزش خارق العاده دارد .

## نتیجه

امروزه روشهایی شناخته اند که می توانند وقایع تاریخ را به طور دقیق بازشناسند و طول عمر زمین و خورشید و ستارگان را تاده ها میلیارد سال حساب کنند .

به همان نسبت فاصله زمانهای فوق العاده کوتاه را که گاهی به میلیارد ثانیه می رسد حساب می کنند .

و سیر ذرات ماده قابل محاسبه بوده و زمان ترکیب و تشکیل مولکولها را می توان ثبت کرد .

همراه سریع ترین پدیده ها ، دستگاه های اندازه گیری محاسبه می کنند و این عمل با چنان دقتی صورت می گیرد که گویی محاسبه زمان بدون تأخیر صورت می گیرد .

محاسبه زمان در علوم و فنون تغییرات زیادی ایجاد کرده و پیشرفتهای جدید علمی تا مقدار زیادی مدیون اندازه گیری های دقیق زمان است .

در محاسبه حرکت های سریع و مسافت های طولانی کیهانی ارزش محاسبات دقیق بر کسی پوشیده نیست .

پایان

## کتابهای جیبی صدف که تا کنون منتشر شده است

- ۱- نامه‌ای که هرگز فرستاده نشد - اثر والری ازیف  
ترجمه باقر مؤمنی ۲۰ ریال
- ۲- خوابیدن، خواب کردن با هیپنوتیزم، خواب دیدن  
اثر پرفسور ل - روخلین ترجمه ع دخانیاتی ۲۰ ریال
- ۳- سگ سیرک اثر جک لندن ترجمه دکتر محمد  
جعفر محبوب ۲۵ ریال
- ۴- جاذبه اثر ژرژ گاموف ترجمه محمود عرب اف ۲۰ ریال
- ۵- ساختمان خورشید اثر آ، ماسویچ ترجمه روح‌الله عباسی ۲۵ ریال
- ۶- انسان و درونش اثر گراهام گرین ترجمه ابراهیم -  
صدقیانی ۳۰ ریال
- ۷- زندگی در فراخنای جهان اثر اووندن ترجمه  
روح‌الله عباسی ۴۰ ریال

مترجم این کتاب سال ۱۳۱۳ در  
صومعه سرا متولد شده است . تحصیلات  
عالی خود را در علوم طبیعی بپایان رسانیده  
کار اصلی ایشان دبیری در دبیرستانهاست  
که بکار ترجمه و تألیف هم علاقه فراوان  
دارند و ضمناً با مطبوعات علمی نیز همکاری  
میکنند .

از ترجمه‌های ایشان که تا کنون  
چاپ شده است (زندگی در دریا) و کتاب  
حاضر است و چند ترجمه نیز زیر چاپ  
دارند .